



PROVINCIA DI BRESCIA



COMUNE DI BRENO



PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE AL PGT AMBITI DI TRASFORMAZIONE "AT6B" E "AT6C"

VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 152/2006

ELABORATO: VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ATMOSFERICO

N. COMMESSA		13027	DATA:		Febbraio 2019	ALLEGATO:		05
REDAZIONE: PROGETTI SERVIZI VERONA s.r.l.  Ing. Silvano Rossato Geol. Claudio Leoncini Geom. Giulio Zampini Geom. Nicola Cordoli Via Osteria Grande, 61 - 37066 Sommacampagna (VR) Tel. 045 510288 - Fax 045 510514			PROPONENTE: <i>Carlo Tassara s.p.a.</i> Via L. da Vinci, 3 - 25043 Breno (BS) C.F. 00283780179 - P.IVA 00550090989 PEC carlotassara@raccomandata-ar.com Tel. 0364 2381 Fax 0364 238216			PROGETTO URBANISTICO: Ing. Luca Vitali Arch. Alessandro Stofler Via Mazzini n.12/a 25040 Breno (Bs)		
COLLABORAZIONE:  Via Bellucci, 35 - 31010 Farra di Soligo (TV) Tel. 0438 82216 - Fax 0438 82476						PROGETTO ARCHITETTONICO: Arch. Lucio Beltracchi Ing. Arch. Carlo Beltracchi Vicolo Fontana, n.7 25056 Ponte di Legno (BS)		
01	Febbraio 2019	EMISSIONE RAPPORTO AMBIENTALE				N.C.	C.L.	S.R.
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO	CONTROLL.	APPROV.
IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SOCIETA' P.S.V. s.r.l. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE. THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF P.S.V. s.r.l. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW.								

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ATMOSFERICO

(D. Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii.)

RAGIONE SOCIALE

SOCIETÀ CARLO TASSARA S.P.A.

SEDE LEGALE

VIA LEONARDO DA VINCI, 3 – 25043 BRENO (BS)

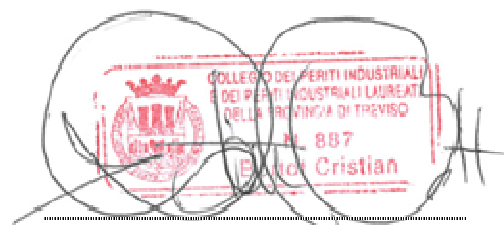
OGGETTO

PIANO ATTUATIVO IN VARIANTE AL P.G.T. – AMBITI DI TRASFORMAZIONE “PL6B” E “PL6C”

INDIRIZZO

VIA LEONARDO DA VINCI – 25043 BRENO (BS)

PIEVE DI SOLIGO, Lì 12 NOVEMBRE 2018



IL TECNICO

PER. IND. CRISTIAN BORTOT

(ISCRITTO AL COLLEGIO DEI PERITI INDUSTRIALI
DELLA PROVINCIA DI TREVISO AL N. 887)



SOMMARIO

PREMESSA.....	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED URBANISTICO	4
DESCRIZIONE DEL PROGETTO	6
NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI CONSIDERATI.....	11
DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO.....	13
ANALISI DELLE COMPONENTI METEOCLIMATICHE	23
Temperatura.....	25
Direzione e velocità del vento	26
Classe di stabilità atmosferica.....	28
Lunghezza di Monin-Obukhov ed altezza di inversione termica	30
DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI EMISSIONE	33
Scenario 1 - Fase di cantiere	33
Scenario 2 - Fase di esercizio	36
APPLICAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO E RISULTATI	44
Dominio spaziale ed orografico.....	44
Stato di fatto	46
Risultati	46
Discussione dei risultati	51
Misure di mitigazione	53
CONCLUSIONI	55
BIBLIOGRAFIA.....	57

ALLEGATI

- ALLEGATO 01. Matrici complessive di calcolo e mappe concentrazione parametro biossido di azoto (NO₂).
- ALLEGATO 02. Matrici complessive di calcolo e mappe concentrazione parametro particolato sospeso (PM₁₀).



PREMESSA

La committenza, rappresentata dalla ditta SOCIETA' CARLO TASSARA S.p.A. con sede legale in Via Leonardo da Vinci, 3 in Comune di Breno (BS), intende procedere con un Piano Attuativo in variante al P.G.T. riguardante gli ambiti di trasformazione PL6B e PL6C localizzati lungo via Leonardo da Vinci in Comune di Breno (BS).

In sintesi il nuovo Piano Attuativo prevede la messa in sicurezza mediante *capping* della ex-discarda (Area "A" ed Area "B") e la successiva riqualificazione delle aree, con realizzazione di un comparto direzionale/produttivo/commerciale e di un'area per lo sport, con creazione di un nuovo campo sportivo.

La presente relazione tecnica è volta alla valutazione previsionale dell'impatto atmosferico generato dalle principali fasi di cantiere e dalle modificazioni ai flussi veicolari indotti, tramite utilizzo di appositi modelli matematici ed informatici. Sulla base dei dati forniti dalla committenza ed in relazione alla rilevanza in termini di impatto quantitativo generale, nella presente relazione sono considerati i parametri biossido di azoto (NO_2) e particolato sospeso (PM_{10}), come descrittori principali della qualità dell'aria e degli eventuali impatti atmosferici. La valutazione si articola pertanto sul confronto della qualità dell'aria nello stato di fatto (valutata sulla base dei dati misurati e previsti da A.R.P.A. Lombardia per il Comune di Breno) ed in ulteriori scenari operativi così identificati:

- Scenario 1 - Fase di cantiere: fasi significative di emissione durante la realizzazione delle opere di *capping*.
- Scenario 2 - Fase di esercizio: attivazione dei due comparti di intervento con produzione di traffico indotto su viabilità esistente.

Per entrambe le fasi vengono applicati opportuni modelli matematici validati da A.P.A.T. a livello nazionale, che consentono di effettuare calcoli su diverse basi temporali (oraria, giornaliera, annua) e di creare mappe di dispersione degli inquinanti, le cui concentrazioni sono quindi confrontate con i valori limite per la protezione della salute umana e degli ecosistemi stabiliti dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155 e ss.mm.ii.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO ED URBANISTICO

Il sito in esame si colloca nella periferia Nord-orientale del centro abitato di Breno (BS), nella media Val Camonica inferiore e si sviluppa sul fondovalle, a Sud della Strada Statale n.42 “del Tonale e della Mendola”, in sinistra idrografica del fiume Oglio, ad una quota media di circa 300 m s.l.m.

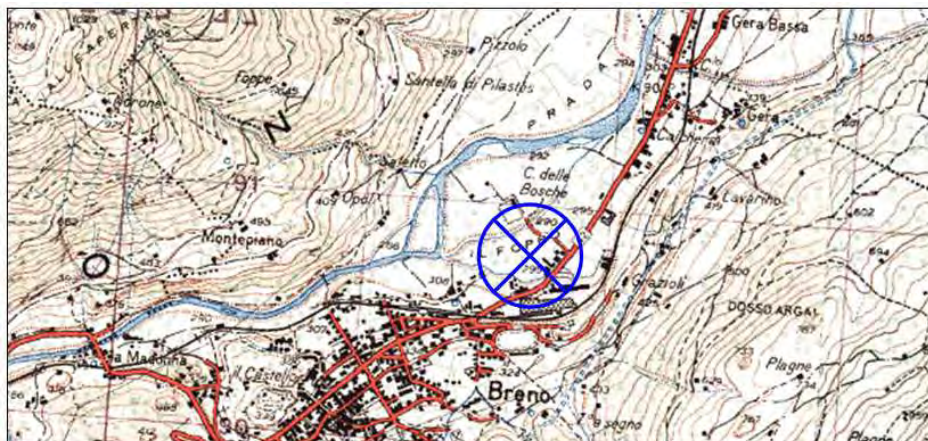


Figura 01. Estratto di Carta Topografica d'Italia I.G.M. 1:25.000 – Serie 25V – Tavoleta n.34 – I- NO “BRENO”.



Figura 02. Ortofoto con indicazione dell'area di intervento.

Nella Carta Tecnica Regionale della Lombardia l'area ricade all'interno dell'elemento D4c1 "Breno Nord". Il sito in esame è ubicato in una zona a vocazione prevalentemente artigianale-industriale, identificata con il toponimo "Località Onera".

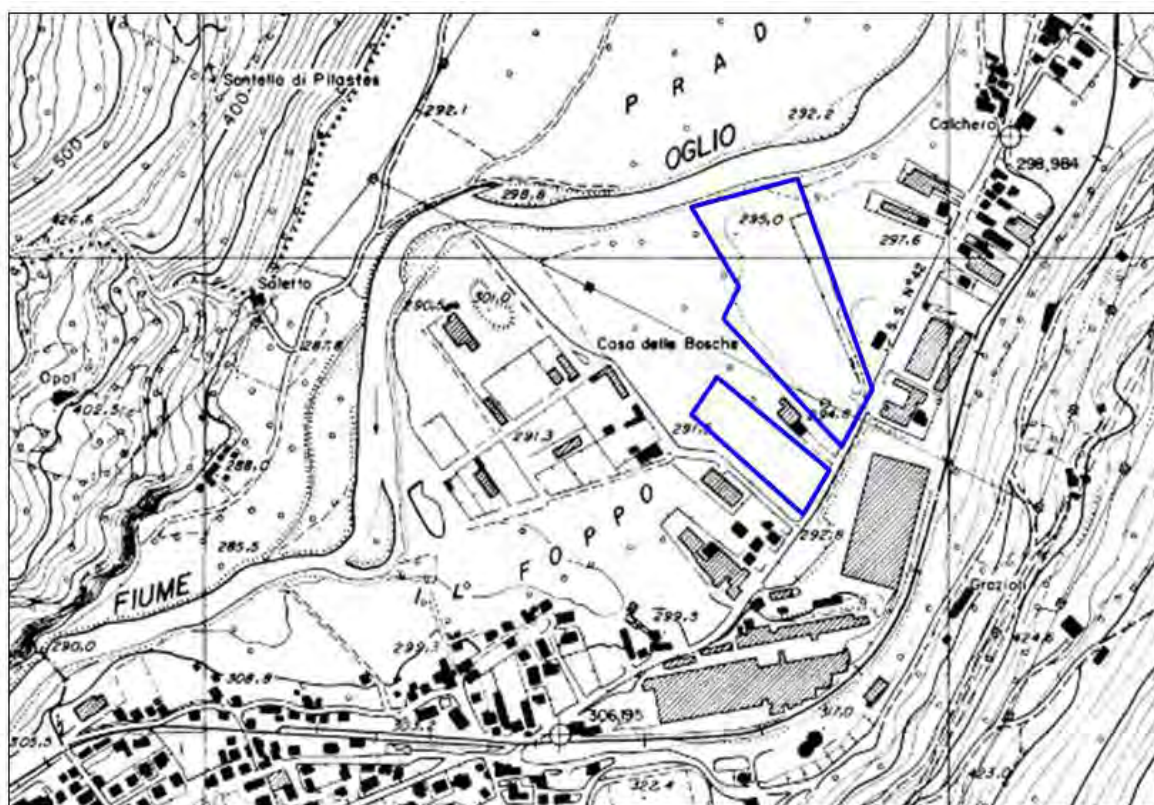


Figura 03. Estratto di Carta Tecnica Regionale Lombardia scala 1:10.000 – Elemento D4C1.

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Intervento di realizzazione di *capping* delle aree di ex-discardica

L'intera ex-discardica "Onera" è stata suddivisa, sulla base di elementi di continuità geografica, nelle seguenti subaree:

- **Settore A:** Sud-Ovest superficie 12.700 m²;
- **Settore B:** Nord-Est, a Sud della superstrada superficie 17.900 m²;
- **Settore C:** Nord-Est, tra superstrada e Fiume Oglio superficie 21.200 m².

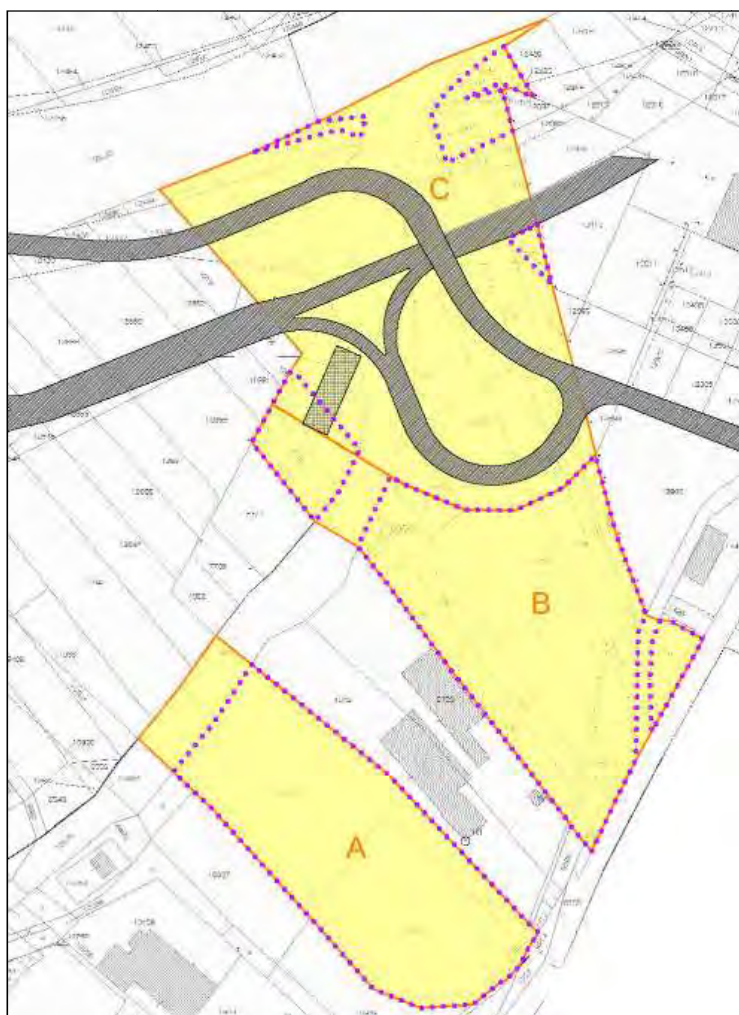


Figura 04. Settori dell'ex-discardica "Onera".



In considerazione di quanto emerso nella Conferenza dei Servizi del 05 febbraio 2018, il progetto comprende gli interventi migliorativi finalizzati alla maggior precauzione ed al recupero delle aree A e B (di cui sopra) appartenenti alla ex-discardata denominata "Onera"; ciò al fine del recupero della fruibilità dell'area, in ragione di quanto individuato dal Piano di Governo del Territorio del Comune di Breno.

Nella sostanza la proposta prevede lo scavo e contestuale smaltimento dei terreni individuati in alcuni *hot spot* nel corso delle indagini di caratterizzazione, così come di tutti i materiali che potranno venire coinvolti dalle movimentazioni previste, nonché, la posa di un *capping* funzionale a meglio isolare ed impedire il dilavamento dei materiali presenti nel sito ed a garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente.

Progetto di riqualificazione funzionale delle aree A e B

Gli obiettivi principali del progetto sono i seguenti:

- Riconversione delle aree dismesse
- Riutilizzo con finalità pubbliche
- Riqualificazione ambientale e paesaggistica
- Nuova immagine della zona industriale a nord di Breno
- Inserimento di un' area ricreativa sportiva d'interesse sovra comunale
- Disponibilità di parcheggi ben inseriti nel sistema viabilistico
- Aree esterne disponibili (mercato, spettacoli all'aperto, protezione civile, ecc.)
- Dotazione di aree verdi ricreative con piantumazione per l'inserimento ambientale.

Gli interventi specifici sono quindi suddivisi per i due lotti A e B.

LOTTO A

All'interno del lotto A si prevede la realizzazione di:

- Centro Polifunzionale con relativa area verde d'immagine
- Accessi pedonali e spazi di parcheggio con uso polivalente
- Area industriale e commerciale

Centro Polifunzionale

L'edificio, di forte impatto architettonico, vuole rappresentare un segnale di cambiamento dell'immagine dei "capannoni industriali" della zona, con maggiore cura degli spazi esterni, con la dotazione di aree verdi e di parcheggio per un ambiente industriale maggiormente inserito nel paesaggio in trasformazione e sicuramente più consono alla vita contemporanea.



Gli spazi progettati non prevedono scavi e fondazioni rispetto alle quote attuali del terreno, sul quale saranno appoggiate le nuove strutture fuori terra con platee strutturali, mentre il verde ed i parcheggi saranno composti da stratificazioni drenanti con impianti e sottostrutture sopra il terreno attuale.

Gli spazi interni sviluppati a diverse altezze e quote comprendono:

- L'accesso principale a sud-est con ampia hall d'ingresso, ricezione e spazi d'attesa per pubblico e visitatori.
- Lounge Bar aperto al pubblico
- Spazi per spogliatoi e servizi igienici per il personale e per il pubblico
- Ascensore e scale per l'accessibilità agli spazi funzionali ai vari piani
- Uffici didattici per attività artistiche e ricreative ai piani rialzato e primo con scala d'immagine
- Spazio semiesterno coperto per pubbliche manifestazioni ed attigui servizi

Accessi pedonali e spazi di parcheggio con uso polivalente

Gli accessi all'area pubblica pavimentata sono previsti a sud direttamente dalla strada comunale, con previsione di realizzazione di n. 40 posti auto in parcheggio.

L'area pavimentata ad ovest del centro polifunzionale sarà predisposta per diversi usi riservati al pubblico quali manifestazioni all'aperto, eventi fieristici e/o mercati, protezione civile. Queste aree potranno essere coperte con strutture provvisorie.

Area industriale e commerciale

Nella parte ad ovest del lotto sono previsti spazi industriali con la possibilità di insediare attività produttive e commerciali.

LOTTO B

All'interno del lotto B si prevede la realizzazione di:

- Campo di calcio
- Campo da tennis
- Campo polivalente (pallavolo basket)
- Accessi veicolari e spazi di parcheggio
- Accesso coperto bar e servizi atleti
- Accesso agli spalti e campo da bocce
- Accesso ai depositi attrezzature
- Servizio ambulanza
- Area verde ricreativa con piantumazione arborea



Il campo di calcio

Il campo ha dimensioni regolamentari in erba (95 x 48 m) ed è quindi adatto ad ospitare un incontro calcistico per squadre ad 11 calciatori. La struttura realizzata senza scavi, come tutte le strutture appartenenti al lotto B, è appoggiata sul terreno esistente con diversi strati per il drenaggio ed il passaggio dei sottoservizi necessari per lo smaltimento delle acque meteoriche, l'illuminazione notturna e la veloce crescita dell'erba. Può essere previsto l'impianto di riscaldamento del terreno di gioco per la continuità invernale dei campionati. E' dotato di idonei spazi accessori e spalti per gli spettatori. E' previsto l'utilizzo anche per l'allenamento.

Il campo da tennis

Il campo da tennis è appoggiato al terreno esistente con idonei strati drenanti contenenti i sottoservizi. E' previsto con manto sintetico per l'utilizzo anche invernale, previa copertura rimuovibile prevista. Il campo è di dimensioni regolamentari (23.77x10.97 m) anche per le partite di doppio, con spazi sufficienti per i movimenti dei giocatori, ai lati e al fondo del campo di gioco (37.00x19.00)

Il campo polivalente (pallavolo basket)

Anch'esso appoggiato al terreno esistente è funzionale per accogliere diverse discipline sportive. Ha pavimentazione speciale adatta sia indoor che outdoor ed è possibile la copertura per la continuità d'utilizzo anche nei periodi invernali. Ha dimensioni regolamentari con un ingombro totale di ml (17.10x30.10)

Accessi veicolari e spazi di parcheggio

Gli accessi alla struttura sono previsti ad est direttamente dalla strada comunale.

Sono previsti 46 posti auto in parcheggio organizzato per il rapido deflusso dei veicoli

Accesso coperto bar e servizi atleti

E' previsto un accesso coperto per il bar al servizio del pubblico, a cui segue quello riservato agli spogliatoi ed ai servizi regolamentari per gli atleti delle diverse discipline sportive praticabili nel complesso.

Accesso agli spalti

L'accesso agli spalti per assistere alle manifestazioni sportive è separato da quello degli atleti. Sono previsti complessivamente per le varie manifestazioni sportive 300 posti a sedere e 200 sotto la copertura

Area verde ricreativa con piantumazione

Tutta l'area non interessata alle attività sopra descritte è progettata per l'inserimento del complesso sportivo nel contesto paesaggistico del territorio a nord della città di Breno al fine di riqualificare l'immagine dei luoghi percepita dalle strade principali e da tutte le viste in altura. Pertanto si prevede la realizzazione di piantumazioni arboree ed arbustive di specie autoctone in accordo con la componente vegetazionale riscontrabile nelle porzioni di territorio di fondovalle a più elevato grado di naturalità.



Figura 05. *Rendering* del progetto – Vista S-N.



Figura 06. *Rendering* del progetto – Vista NE-SW.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento in materia di qualità dell'aria, e segnatamente per i parametri oggetto della presente indagine previsionale, è costituita dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n.155 e ss.mm.ii. decreto di attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

Si riportano nella seguente Tabella I i valori limite stabiliti all'Allegato XI, punti 1 e 3 della sopracitata normativa per i parametri NO_2 , e PM_{10} .

TABELLA I – Valori limite per la protezione della salute umana (D.Lgs. 2010/155)

Inquinante	Nome limite	Parametro statistico	Valore	Note	Data alla quale il valore deve essere raggiunto
NO_2	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Da non superare più di 18 volte per anno civile	01 gennaio 2010
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--	01 gennaio 2010
PM_{10}	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24 h	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Da non superare più di 35 volte per anno civile	01 gennaio 2005
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	--	01 gennaio 2005

DESCRIZIONE DEGLI INQUINANTI CONSIDERATI

Biossido di azoto (NO_2) ed ossidi di azoto (NO_x)

Il biossido di azoto è un componente, assieme al monossido di azoto, degli ossidi di azoto atmosferici. Il monossido è un gas inodore ed incolore, che costituisce la parte principale degli NO_x e che viene gradualmente ossidato in atmosfera ad NO_2 . Quest'ultimo ha un colore rosso-bruno ed un odore pungente e soffocante, con una tossicità fino a 4 volte superiore al monossido di azoto. Le fonti naturali di produzione di NO_2 sono legate ai processi di ossidazione del monossido, che a sua volta si forma per combinazione diretta dell'azoto e dell'ossigeno atmosferici, in presenza delle alte temperature che si possono verificare durante alcuni processi di combustione. Le emissioni da fonti antropiche derivano soprattutto da processi di combustione (centrali termoelettriche, riscaldamento, traffico stradale), ma anche da processi produttivi come ad esempio quelli dell'acido nitrico. In ambito urbano la sua presenza è determinata principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli, con entità dipendente dalla velocità ed accelerazione dei mezzi e dalla tipologia di catalizzatore installato.



Il diossido di azoto è un gas irritante per l'apparato respiratorio e per gli occhi, può causare bronchiti e, nei casi più gravi, edemi polmonari in virtù della sua capacità di combinarsi con l'emoglobina modificandone le proprietà chimiche e fisiologiche, con formazione di metaemoglobina e conseguente grave compromissione dei meccanismi di trasporto di ossigeno ai tessuti.

A livello ambientale il diossido di azoto è fra le maggiori cause di smog fotochimico, come precursore dell'ozono troposferico. Contribuisce inoltre, reagendo rapidamente con l'acqua con formazione di H_2NO_3 alla formazione di piogge acide (30% su scala globale). Sebbene in misura minore rispetto agli ossidi di zolfo, gli ossidi di azoto in eccesso, assunti dalla vegetazione per via stomatica a livello dell'apparato fogliare, possono portare all'accumulo nei tessuti vegetali di composti acidi che possono condurre alla necrosi dei tessuti stessi.

Particolato sospeso (PM_{10})

Con il termine particolato sospeso sono indicate tutte le particelle solide e liquide disperse nell'atmosfera. Vengono prodotte dal traffico stradale (in particolare da veicoli ad alimentazione diesel e da ciclomotori a due tempi), dagli impianti di riscaldamento, da impianti industriali (acciaierie, cementifici, inceneritori, ecc.) e più in generale da qualsiasi processo di combustione. Le polveri possono derivare sia da fenomeni di abrasione superficiale e di erosione (del manto stradale, degli pneumatici, ecc.), che dai processi di combustione dei motori. A questi si aggiungono aerosol di origine vulcanica, marina e biologica come spore, batteri e pollini. Il termine PM_{10} indica tutte le componenti degli aerosol con diametro inferiore ai $10\text{ }\mu\text{m}$. I PM_{10} sono un miscuglio di sali inorganici, metalli, I.P.A. (principalmente benzo(a)pirene e benzo(a)antracene), sostanze organiche e materiale biologico. La loro tossicità è in massima parte attribuibile alle sostanze chimiche adese alle particelle stesse, con particolare rilevanza alle frazioni più fini (con diametro inferiore a $2,5\text{ }\mu\text{m}$) in relazione alla maggior capacità di penetrazione nell'apparato respiratorio animale. A livello di vegetazione, alte concentrazioni di polveri sospese possono portare a fenomeni di accumulo sulla pagina fogliare superiore, con creazione di una patina che impedisce o comunque limita l'assorbimento della luce da parte della clorofilla, con conseguente rallentamento dei processi fotosintetici e del metabolismo generale dell'organismo vegetale.

DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Sorgenti di emissione puntuali (ciminiere e camini di emissione).

Per la dispersione degli inquinanti è stato utilizzato il modello stazionario di diffusione gaussiana di Pasquill-Gifford (1961) per emissioni di tipo a pennacchio (*plume dispersion*) a carattere continuo.

Per la modellazione è stato implementato il pacchetto software WINDIMULA 4.9.0 della MAIND S.r.l., citato nell'elenco dei software consigliati da A.P.A.T. per la modellazione della dispersione di inquinanti aeriformi da sorgenti puntiformi ed areali.

La relazione generale che valuta la concentrazione di un composto emesso in atmosfera è la seguente:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad [1]$$

Con:

$C(x, y, z)$ = concentrazione in un punto di coordinate x, y, z (mg/m³)

Q = portata massiva dell'inquinante (espressa in mg/s)

u = velocità media in quota del vento (m/s)

σ_y, σ_z = coefficienti di dispersione laterale e verticale del vento (m)

H = altezza effettiva di rilascio.

Nel caso si voglia determinare la concentrazione sottovento di un inquinante al suolo, l'equazione [1] si riduce alla seguente relazione:

$$C(0, 0, z) = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_z u} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_y}\right)^2\right] \quad [2]$$

Il modello inoltre integra il termine verticale della relazione [1] (termine compreso tra parentesi graffe) con l'aggiunta di un ulteriore termine (V_{inv}) che tiene conto della riflessione del pennacchio per effetto della presenza di un'inversione di quota.

In condizioni di calma di vento il modello proposto con la formula [1] non risulta più applicabile ed il software utilizza quindi di default l'integrale dell'equazione gaussiana a *puff* come segue:

$$C(x, y, z) = \sum_{i=1,2} \frac{Q}{(2\pi)^{3/2} \alpha \beta \gamma \cdot T_i^2} \exp\left(\frac{-u^2}{2\alpha^2}\right) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\pi}{2}} \cdot \frac{ux}{\alpha^2 T_i} \exp\left(\frac{u^2 x^2}{2\alpha^4 T_i^2}\right) \operatorname{erfc}\left(\frac{-ux}{\sqrt{2}\alpha^2 T_i}\right) \right\}$$

$$T_1^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z+H)^2}{\gamma^2}$$

$$T_2^2 = \frac{x^2}{\alpha^2} + \frac{y^2}{\beta^2} + \frac{(z-H)^2}{\gamma^2}$$
[3]

Per il calcolo dell'innalzamento del pennacchio (*plume rise*) il modello si basa sulle note formulazioni di Briggs, raccomandate anche da U.S. E.P.A.. In particolare lo schema utilizzato dal modello coincide quasi integralmente con quello utilizzato dai modelli ISC e CALPUFF.

Il gas emesso da un camino, prima di iniziare la diluizione effettiva e spostarsi secondo la direzione del vento, sale ad una certa quota, che viene definita altezza effettiva di rilascio (H). Tale altezza è quindi rappresentata dalla somma dell'altezza geometrica del camino (h) più l'innalzamento del pennacchio (Δh):

$$H = h + \Delta h \quad [4]$$

L'altezza effettiva di rilascio (H) include tutti i fattori che favoriscono o impediscono l'innalzamento del pennacchio e risulta dipendere anche dalle classi di stabilità atmosferica. Tali classi di stabilità sono state categorizzate da Pasquill in una scala da A (instabilità forte) ad F (stabilità forte), secondo lo schema proposto nella seguente figura.

		Giorno						Notte			
		Radiazione solare W/m ²					tramonto-1h alba-1h	Nuvolosità ottavi			
vento(m/s)	>750	600<<750	450<<600	300<<450	150<<300	<150		vento(m/s)	0-3	4-7	8
0<<1	A	A	A	B	B	C	D	<1	F	F	D
1<<2	A	A	B	B	B	C	D	<2	F	F	D
2<<3	A	B	B	B	C	C	D	<3	F	E	D
3<<4	B	B	B	B	C	C	D	<4	E	D	D
4<<5	B	B	C	C	C	C	D	<5	E	D	D
5<<6	C	C	C	D	D	D	D	<6	D	D	D
>6	C	C	D	D	D	D	D	>6	D	D	D

Figura 07. Schema per la determinazione delle classi di stabilità atmosferica secondo Pasquill.
Fonte dati: Allegato A – D.G.R.V. n. 2872 del 28.12.2012 – Piano di Tutela dell'Atmosfera – Documento di Piano.

Tipicamente le classi stabili (E ed F) favoriscono la formazione di inquinanti primari e sono collegate a scarsa ventilazione e a notti serene con forte inversione termica; le classi neutre (D) sono collegate a situazioni ventose



e/o con cielo coperto, favorevoli alla dispersione degli inquinanti; le classi instabili (A, B e C) sono causate da forte irraggiamento solare e scarsa ventilazione e sono situazioni di rimescolamento atmosferico, che possono essere collegate a formazione di inquinanti secondari.

Gli ulteriori parametri che regolano l'innalzamento del pennacchio sono i seguenti.

Flusso di galleggiamento:

$$F_b = g \cdot V_s \cdot \left(\frac{D^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{T_s - T_A}{T_A} \right) \quad [5]$$

con:

V_s = velocità di uscita di fumi (m/s);

D = diametro della bocca di uscita della ciminiera (m);

T_s = temperatura assoluta di uscita dei fumi (K);

T_A = temperatura dell'atmosfera (K).

Flusso del momento:

$$F_M = D^2 \cdot V_s \cdot \left(\frac{T_A}{4T_s} \right) \quad [6]$$

con:

V_s = velocità di uscita di fumi (m/s);

D = diametro della bocca di uscita della ciminiera (m);

T_s = temperatura assoluta di uscita dei fumi (K);

T_A = temperatura dell'atmosfera (K).

Parametro di stabilità:

$$S = \frac{g}{T_A} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial z} \quad [7]$$

con:

$\frac{\partial \vartheta}{\partial z}$ = gradiente verticale della temperatura potenziale pari a 0.015 in classe E ed a 0.037 in classe F.

g = accelerazione di gravità (9.81 m/s²)

T_A = temperatura dell'atmosfera (K).

L'innalzamento del pennacchio è quindi calcolato dal modello a seconda della stabilità atmosferica con la seguente trattazione matematica.

Innalzamento del pennacchio in condizioni instabili o neutre (Classi A, B, C e D)

Viene calcolata la *crossover temperature*, che serve per determinare l'innalzamento se il fenomeno è guidato prevalentemente dal flusso di galleggiamento o dal flusso del momento.

$$\begin{aligned} F_b < 55 &\Rightarrow (\Delta T)_c = 0,0297 \cdot T_s \cdot \frac{v_s^{1/3}}{D^{2/3}} \\ F_b \geq 55 &\Rightarrow (\Delta T)_c = 0,0057 \cdot T_s \cdot \frac{v_s^{2/3}}{D^{1/3}} \end{aligned} \quad [8]$$

A questo punto l'innalzamento è calcolato come segue.

Se l'innalzamento è governato dal flusso di galleggiamento $(T_s - T_A) \geq (\Delta T)_c$:

$$\begin{aligned} F_b < 55 &\Rightarrow \begin{cases} dH = 21.425 \cdot \frac{F_b^{3/4}}{u} \\ x_f = 49 \cdot F_b^{5/8} \\ x_f = \frac{4D(v_s + 3u)^2}{v_s \cdot u} \quad (F_b = 0) \end{cases} \quad [9] \\ F_b \geq 55 &\Rightarrow \begin{cases} dH = 38.71 \cdot \frac{F_b^{3/5}}{u} \\ x_f = 119 \cdot F_b^{2/8} \end{cases} \end{aligned}$$

Con x_f = distanza alla quale si verifica l'innalzamento finale del pennacchio

Se l'innalzamento è governato dal flusso del momento $(T_s - T_A) < (\Delta T)_c$ o $T_s \leq T_A$:

$$\begin{aligned} dH &= 3D \cdot \frac{v_s}{u} \\ x_f &= \frac{4D(v_s + 3u)^2}{v_s \cdot u} \end{aligned} \quad [10]$$

Con x_f = distanza alla quale si verifica l'innalzamento finale del pennacchio

Innalzamento del pennacchio in condizioni stabili (Classi E ed F)

Viene calcolata la *crossover temperature*, che serve per determinare l'innalzamento se il fenomeno è guidato prevalentemente dal flusso di galleggiamento o dal flusso del momento.

$$(\Delta T)_c = 0,019582 \cdot T_s \cdot v_s \cdot \sqrt{S} \quad [11]$$

A questo punto l'innalzamento è calcolato come segue.

Se l'innalzamento è governato dal flusso di galleggiamento ($T_s - T_A \geq (\Delta T)_c$):

$$dH = 2,6 \cdot \left(\frac{F_b}{uS} \right)^{1/3} \quad [12]$$

$$x_f = 2,0715 \cdot \frac{u}{\sqrt{S}}$$

Con x_f = distanza alla quale si verifica l'innalzamento finale del pennacchio

Se l'innalzamento è governato dal flusso del momento ($T_s - T_A < (\Delta T)_c$ o $T_s \leq T_A$):

$$dH = 1,5 \cdot \left(\frac{F_M}{u\sqrt{S}} \right)^{1/3} \quad [13]$$

$$x_f = 0,5\pi \cdot \frac{u}{\sqrt{S}}$$

Con x_f = distanza alla quale si verifica l'innalzamento finale del pennacchio

Innalzamento in condizione di calma di vento

$$dH = 5,3 \cdot \frac{F_b^{1/4}}{S^{3/8}} - 3D \quad [14]$$

Il modello WINDIMULA 4.9.0, rispetto all'altezza effettiva di rilascio, permette di implementare ulteriormente i calcoli con la possibilità di valutare gli effetti del cosiddetto *gradual plume rise*, ovvero la deviazione del pennacchio inquinante dall'asse ortogonale al piano campagna durante il suo innalzamento, per effetto della velocità del vento e della classe di stabilità atmosferica, superando la semplificazione di altri modelli che trattano invece l'ascesa del pennacchio perfettamente ortogonale fino all'altezza effettiva di rilascio, alla cui quota il pennacchio stesso inizia a deflettere.

Per la determinazione del valore della velocità del vento all'altezza effettiva di rilascio, il modello utilizza la seguente relazione a partire da un valore di velocità del vento misurato ad una quota di riferimento (in questo caso $z_{ref} = 10$ m)

$$u_{He} = u_{ref} \cdot \left(\frac{H_e - z_0}{z_{ref}} \right)^p \quad [15]$$

con:

u_{He} = velocità del vento alla quota di calcolo (altezza di rilascio)

u_{ref} = velocità del vento misurata alla quota di riferimento (10 m);

H_e = quota di calcolo (altezza di rilascio);

z_0 = rugosità superficiale

p = esponente che dipende dalla classe di stabilità come segue:



Classe di stabilità	Coefficiente p
A	0.1
B	0.1
C	0.16
D	0.16
E	0.3
F	0.3

Per la determinazione dei coefficienti di dispersione laterale e verticale del vento il modello utilizza le formulazioni di Briggs (1973), ottenute combinando una larga serie di dati sperimentali:

$$\sigma_y = ax^e(b + cx^f)^d \quad [16]$$

con:

Classe di stabilità	Briggs in campo aperto		Briggs in aree urbane	
	a	c	a	c
A	0.22	0.0001	0.32	0.0004
B	0.16	0.0001	0.32	0.0004
C	0.11	0.0001	0.22	0.0004
D	0.08	0.0001	0.16	0.0004
E	0.06	0.0001	0.11	0.0004
F	0.04	0.0001	0.11	0.0004

$b = 1$

$d = -0.5$

$e = 1$

$f = 1$

$$\sigma_z = ax^e(b + cx^f)^d \quad [17]$$

con:

Classe di stabilità	Briggs in campo aperto			Briggs in aree urbane		
	a	c	d	a	c	d
A	0.2	0	1	0.24	0.001	0.5
B	0.12	0	1	0.24	0.001	0.5
C	0.08	0.0002	-0.5	0.2	0	1
D	0.06	0.0015	-0.5	0.14	0.0003	-0.5
E	0.03	0.0003	-1	0.08	0.0015	-0.5
F	0.016	0.0003	-1	0.08	0.0015	-0.5

$b = 1$

$e = 1$

$f = 1$

Il modello è ulteriormente implementato mediante la possibilità di caricare un reticolo orografico ed un campo di rugosità del suolo (ottenuto assegnando ad ogni cella il corrispondente codice CORINE LANDCOVER di utilizzo del suolo) georeferenziati ed estratti da un geodatabase nazionale mediante il preprocessore LANDUSE di MAIND S.r.l.

In questo caso il modello opera automaticamente modificando il termine verticale dell'equazione di concentrazione.



Per i punti di calcolo posti a quote maggiori rispetto alla quota della sorgente:

$$h' = \text{MAX}(h - (1 - F) \cdot (q_{x,y} - q_s), h \cdot F, h_{\min}) \quad [18]$$

Per i punti di calcolo posti a quote inferiori rispetto alla quota della sorgente:

$$h' = h - (q_{x,y} - q_s) \quad [19]$$

con:

h = termine verticale invariato

$q_{x,y}$ = quota orografica del punto (x,y) dove si calcola la concentrazione

q_s = quota orografica del punto dove si trova la sorgente

F = *terrain adjustment factor* (assume valore 0 per classi stabili E ed F e assume valore compreso tra 0 e 1 per classi instabili e neutre A, B, C e D).

Un ulteriore fattore di correzione moltiplica il risultato per tenere conto della sovrastima nei calcoli dovuta all'ipotesi di mantenere costante l'asse del pennacchio in condizioni di atmosfera stabile.

In presenza di campo di rugosità superficiale i termini di dispersione laterale e verticale sono calcolati come segue.

$$\sigma_{y,z} = \alpha x^b (\alpha z_0)^{\beta - \gamma} \quad [20]$$

con:

Classe di stabilità	σ_y		σ_z	
	a	b	a	b
A	0.29	0.9	0.28	0.9
B	0.24	0.85	0.23	0.85
C	0.26	0.8	0.23	0.8
D	0.23	0.76	0.2	0.76
E	0.18	0.73	0.15	0.73
F	0.15	0.67	0.12	0.67

$$\alpha = 10; \quad \beta = 0.53; \quad \gamma = -0.22$$

Sorgenti di emissione lineari (traffico stradale)

Per la modellazione della dispersione degli inquinanti rilasciati dal traffico stradale è stato utilizzato il software previsionale CALINE4 (Caltrans, 1989), ulteriormente sviluppato ed aggiornato nella versione MMS CALINE4 di MAIND S.r.l. versione 2.6.0, con validazione A.P.A.T. a livello nazionale. Il software si basa sul modello di calcolo stazionario di dispersione gaussiana a pennacchio (*Gaussian plume dispersion model*), descritto al paragrafo precedente ed applicato alle emissioni derivanti da sorgenti lineari continue.

In particolare i calcoli di diffusione gaussiana condotti da CALINE4 si basano sul modello della *mixing zone*, definita come un'area di spessore pari alla dimensione della strada + 3 m a destra e + 3 m a sinistra di essa (per tenere conto della dispersione orizzontale di inquinante legata alla scia generata dal movimento dei veicoli) e di altezza definita dall'utente in input (sulla base dei dati meteorologici disponibili). In quest'area si assume che la turbolenza e l'emissione siano costanti. In questa zona inoltre si suppone che la turbolenza, sia termica che meccanica, sia dovuta alla presenza di veicoli in movimento a temperature elevate. La dispersione verticale di inquinante (σ_z) è funzione della turbolenza ed è stato dimostrato essere indipendente dal numero di veicoli (in un *range* di 4000 – 8000 veicoli/ora) e dalla loro velocità (in un *range* di 30 – 60 mph), questo perché un aumento del traffico aumenta la turbolenza termica, ma comporta una riduzione della turbolenza meccanica legata alla velocità, da cui l'ipotesi di costanza.

σ_z dipende invece dal tempo di residenza TR dell'inquinante nella *mixing zone*, che è a sua volta funzione della velocità del vento. La relazione che lega σ_z e TR utilizzata da CALINE4 è la seguente, formulata sulla base di dati della *General Motors* relativi a medie temporali di 30 minuti:

$$\sigma_z = 1.8 + 0.11 \cdot TR \quad [21]$$

Il valore iniziale di σ_z viene quindi corretto per tempi di media diversi dai 30 minuti secondo la seguente formula, dalla quale si intuisce la dipendenza del tempo di media nei calcoli di diffusione:

$$\sigma_{z_ATM} = \sigma_{z_30} \cdot (ATM/30)^{0.2} \quad [22]$$

In condizioni di velocità del vento bassa (< 1 m/s) anche l'altezza della *mixing zone* è contenuta. In questo caso la trattazione matematica del modello di calcolo rimanda alla formulazione di Pasquill e Draxler, che richiede la deviazione standard sulla direzione del vento, comunque sempre implementata nel modello CALINE 4.

Il software quindi permette di ricostruire il tracciato stradale di interesse mediante creazione di appositi segmenti all'interno di un piano cartesiano opportunamente orientato. I calcoli vengono poi condotti automaticamente impostando i volumi di traffico e i fattori di emissione per ogni segmento, oltre all'impostazione del campo meteorologico con i parametri connessi alla velocità e direzione del vento, altezza di miscelazione e classe di stabilità dell'atmosfera.

Sorgenti di emissione areali (lavorazioni di cantiere)

Per la dispersione degli inquinanti è stato utilizzato il modello stazionario di diffusione gaussiana di Pasquill-Gifford (1961) per emissioni di tipo a pennacchio (*plume dispersion*) a carattere continuo.

Per la modellazione è stato implementato il software previsionale WINDIMULA 4.9.0 della MAIND S.r.l., citato nell'elenco dei software consigliati da A.P.A.T. per la modellazione della dispersione di inquinanti aeriformi da sorgenti puntiformi ed areali.

In genere le sorgenti areali vengono schematizzate come sorgenti puntiformi virtuali arretrate rispetto al centro della sorgente areale. Questa schematizzazione si traduce sostanzialmente nell'inserimento di valori di dispersione iniziali che tengono conto della reale dimensione della sorgente, utilizzando la stessa equazione usata per descrivere le sorgenti puntiformi.

Un altro possibile approccio è quello di considerare la concentrazione prodotta da una sorgente areale come il risultato della concentrazione di n-sorgenti puntiformi distribuite sull'area effettivamente occupata dalla sorgente areale.

La formulazione di Cirillo e Cagnetti adottata dal software di analisi prevede l'utilizzo di due modelli:

- un modello per le brevi distanze, basato sulla modifica delle sigma orizzontali di dispersione;
- un modello per le grandi distanze basato sull'integrazione dell'equazione della sorgente puntiforme sulla superficie dell'area della sorgente.

Viene calcolata una distanza di riferimento X_{star} che rappresenta il limite dei due modelli e rappresenta la distanza alla quale il calcolo delle sigma di dispersione dei due modelli coincide.

Calcolo della dispersione verticale

Il coefficiente di dispersione verticale viene calcolato in entrambi i modelli secondo la seguente formula:

$$\sigma'_z(x) = \sigma_z(x) + \sigma_{z0} \quad [23]$$

Dove σ_z rappresenta la dispersione calcolata secondo le formule di Briggs e σ_{z0} rappresenta la dispersione verticale iniziale. Per tale ultimo parametro il protocollo di calcolo ISC suggerisce di utilizzare la dimensione verticale della sorgente divisa per 2.15 se la sorgente è vicina al suolo ed isolata, l'altezza degli edifici divisa per 2.15 se la sorgente è elevata o adiacente a edifici, l'altezza della sorgente divisa per 4.3 se la sorgente è elevata ed isolata.

Modello per brevi distanze

Il modello per piccole distanze è il modello puntiforme con la dispersione laterale modificata secondo la formula:

$$\sigma_y'(\mathbf{x}) = \sigma_y(\mathbf{x}) + \sigma^* \left(\frac{1}{K(\mathbf{R})} - 1 \right) \quad [24]$$

$$\sigma^* = sf \cdot R$$

dove:

σ_y = dispersione calcolata secondo le formule di Briggs

R = area della sorgente

K(R) = termine verticale della funzione di dispersione

sf = fattore moltiplicativo del raggio della sorgente areale per il calcolo di sigma y iniziale.

Modello per grandi distanze

Il modello per grandi distanze prevede l'applicazione dell'integrazione del modello puntiforme su una superficie circolare, con tale soluzione:

$$\sigma_y'(\mathbf{x}) = \sigma_y(\mathbf{x})$$

$$C(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = C(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \cdot K(\mathbf{R}, \mathbf{y}) \quad [25]$$

In questo caso la funzione K è il risultato dell'integrazione con la seguente formulazione:

$$K = \frac{K_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) + K_2(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{2}$$

$$K_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = 1 + 0.5 \left(\frac{y^2}{\sigma_y^4} - \frac{1}{\sigma_y^2} \right) \frac{R^2}{4} + \frac{1}{24} \left(\frac{y^2}{\sigma_y^8} - 6 \frac{y^2}{\sigma_y^6} + \frac{3}{\sigma_y^4} \right) \frac{R^4}{8} + \frac{1}{720} \left(\frac{y^6}{\sigma_y^{12}} - 15 \frac{y^4}{\sigma_y^{10}} + 45 \frac{y^2}{\sigma_y^8} - \frac{15}{\sigma_y^6} \right) \frac{5R^6}{64} \quad [26]$$

$$K_2(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = K_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) + \frac{1}{40320} \left(\frac{y^8}{\sigma_y^{16}} - 23 \frac{y^6}{\sigma_y^{14}} - 185 \frac{y^4}{\sigma_y^{12}} - 420 \frac{y^2}{\sigma_y^{10}} + \frac{105}{\sigma_y^8} \right) \frac{7R^8}{128}$$

Il termine correttivo K(R,y) tende ad 1 allontanandosi dalla sorgente, rispecchiando il fatto che una sorgente areale a grande distanza può essere ragionevolmente approssimata a puntiforme.

ANALISI DELLE COMPONENTI METEOCLIMATICHE

I modelli di calcolo sopra descritti forniscono dati di concentrazione al suolo per gli inquinanti prescelti che sono influenzati, oltre che dalla portata massiva di emissione, anche da parametri meteoclimatici quali la velocità e la direzione del vento, la classe di stabilità atmosferica, l'altezza di rimescolamento.

E' stata quindi condotta una valutazione delle componenti meteoclimatiche dell'area oggetto di studio su base annuale. I dati utilizzati per la modellazione sono stati forniti direttamente da MAIND S.r.l. con formattazione per l'inserimento nei modelli di calcolo e si riferiscono ad un'elaborazione su base oraria prodotta dal preprocessore meteorologico CALMET per l'area di Breno per l'anno 2017. I dati meteorologici sono stati prodotti attraverso elaborazione sul punto di coordinate 45,962569°N; 10,312967°E con risoluzione orizzontale del campo meteorologico con passo di 200 m (per meglio discriminare le condizioni di orografia complessa del sito di intervento), realizzata a partire dai dati della rete delle stazioni sinottiche nazionali ed internazionali certificate SYNOP-ICAO (Organizzazione Internazionale degli Aeroporti Civili) presenti nell'area interessata.

In particolare sono state utilizzate sia stazioni di superficie (rif. figura 08) sia stazioni profilometriche (rif. figura 09).

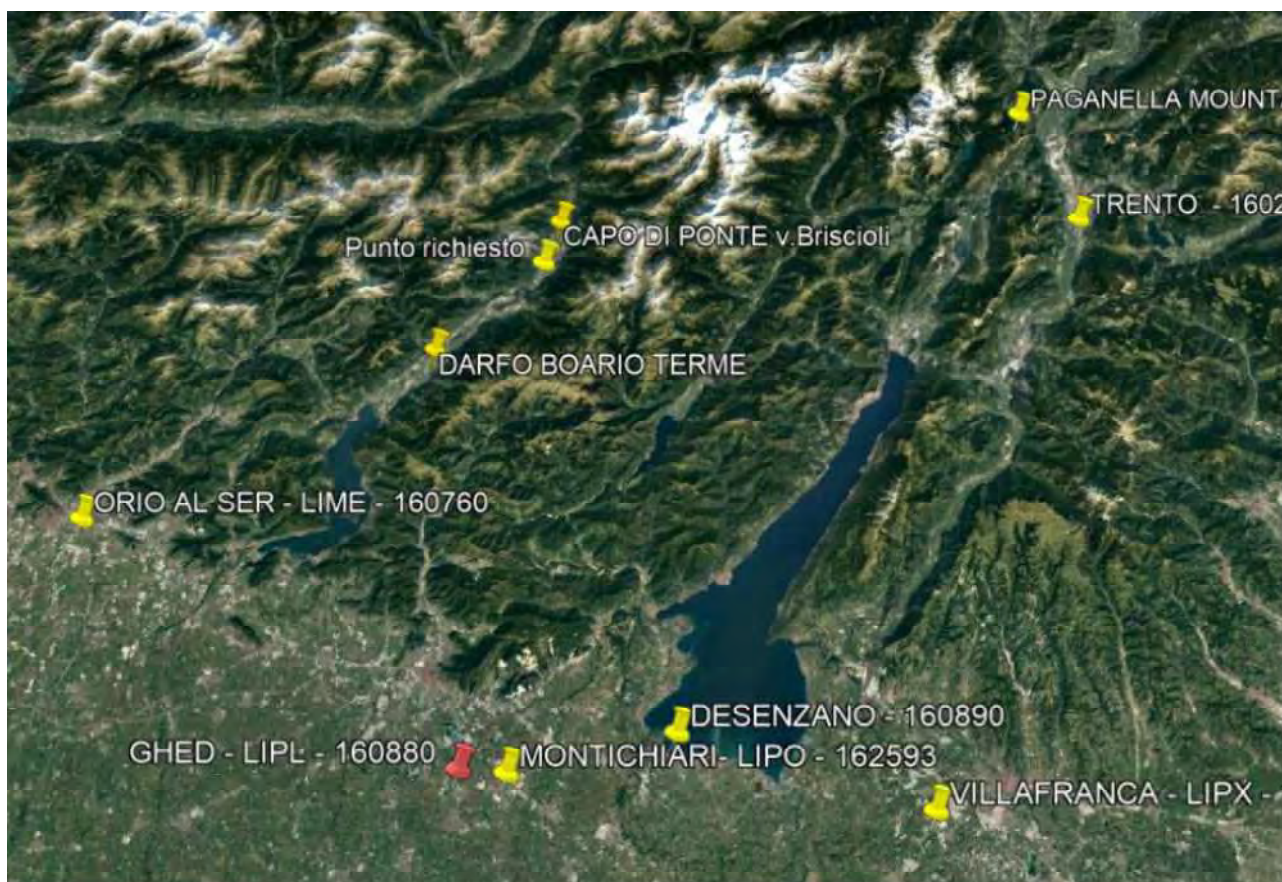


Figura 08. Stazioni locali e SYNOP-ICAO di superficie più prossime all'area di intervento.



Figura 09. Stazioni locali e SYNOP-ICAO profilometriche più prossime all'area di intervento.

I dati delle stazioni della rete SYNOP-ICAO sono stati integrati con i dati forniti (nello stesso intervallo temporale) dalle seguenti stazioni meteo della Rete A.R.P.A. Lombardia (rif. figura 08):

- Capo di Monte [46,0266°N – 10,3425°E]
- Darfo Boario Terme [45,8746°N – 10,1774°E]

L'analisi si è concentrata sulla serie oraria elaborata da CALMET nel periodo dal 01.01.2017 al 31.12.2017, per un totale di 8760 ore valide su 8760 (100%), ed ha considerato i parametri di temperatura oraria, direzione prevalente del vento, velocità media del vento, altezza di rimescolamento, classe di stabilità atmosferica. I dati rilevati hanno permesso di ricostruire gli andamenti dei vari parametri su base annuale.

Il campo meteorologico tridimensionale così creato è stato opportunamente formattato in modo da poter essere direttamente inserito nei software di calcolo modellistico, i quali pertanto permettono di effettuare dei *run* in *short-term*, con valutazione su base oraria (per un totale di 8760 simulazioni) di tutti i principali parametri meteorologici connessi con le dinamiche che regolano la dispersione dei pennacchi di inquinanti (temperatura, direzione e velocità del vento, classe di stabilità atmosferica, altezza della quota di inversione termica).

Nei sottoparagrafi seguenti si riporta la sintesi dei risultati dell'analisi statistica dei dati elaborati da CALMET per la definizione delle principali caratteristiche meteorologiche dell'area di analisi.

Temperatura

L'analisi delle medie giornaliere del campo termico calcolato da CALMET per il nuovo punto di griglia in loc. Breno ha permesso di evidenziare un *range* termico di -8,8°C – 34,7°C, con una media annuale di 12,0°C.

Periodo	Minima	Media	Massima
Anno	-8,85	11,97	34,73
Primavera	0,33	12,72	29,32
Estate	8,42	22,06	34,73
Autunno	-2,41	11,19	25,45
Inverno	-8,85	1,69	14,42
gen	-8,85	-0,86	9,65
feb	-1,59	4,74	14,42
mar	1,46	9,71	22,54
apr	0,33	12,03	23,07
mag	3,02	16,40	29,32
giu	8,42	21,46	32,90
lug	10,13	22,25	32,14
ago	11,75	22,44	34,73
set	6,44	15,36	25,45
ott	4,13	12,18	23,50
nov	-2,41	5,98	17,20
dic	-5,58	1,47	12,00

Figura 10. Valori di temperatura minima, massima e media su base annuale stagionale e mensile.
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

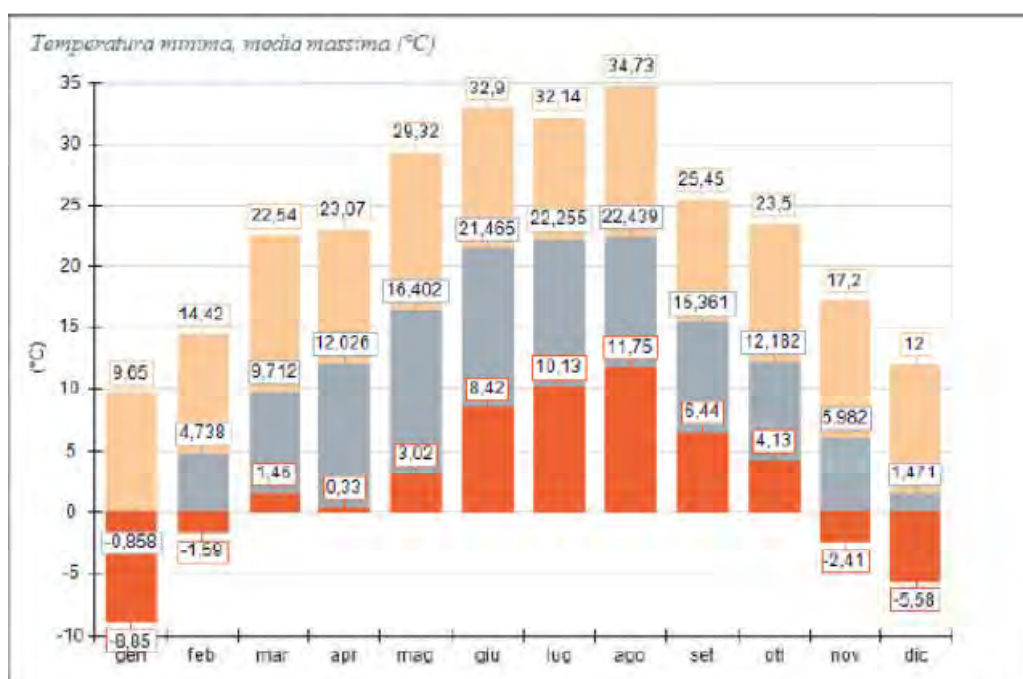


Figura 11. Andamento dei valori di temperatura minima, massima e media su base annuale.
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

Direzione e velocità del vento

L'analisi preliminare volta all'identificazione della direzione prevalente del vento nell'area ed alla quantificazione della sua intensità media ha preso in considerazione un anno tipo (2017) per un totale di 8760 dati orari validati. Per ogni ora sono stati considerati i parametri di direzione prevalente di provenienza del vento e valore della velocità del vento, espressa in m/s, così come elaborata da CALMET.

SECTORS	V1 (< 0,5)	V2 (0,5 - 1,0)	V3 (1,0 - 2,0)	V4 (2,0 - 3,0)	V5 (3,0 - 4,0)	V6 (4,0 - 5,0)	V7 (> 5,0)	Totale	Vmed
340,8 - 11,3	6,62	1,94	3,54	5,02	1,60	2,85	4,79	26,37	2,55
11,3 - 33,8	13,24	18,95	13,24	5,48	1,71	1,83	4,22	58,68	1,53
33,8 - 56,3	54,91	108,90	71,92	25,34	12,10	5,71	1,71	280,59	1,21
56,3 - 78,8	35,16	12,56	11,99	2,97	0,68	0,57	0,00	63,93	0,76
78,8 - 101,3	22,72	10,96	4,79	0,23	0,00	0,00	0,00	38,70	0,53
101,3 - 123,8	23,17	15,07	4,34	0,11	0,00	0,00	0,00	42,69	0,55
123,8 - 146,3	30,48	29,91	7,08	0,46	0,00	0,00	0,00	67,92	0,60
146,3 - 168,8	47,15	38,47	22,95	6,62	0,46	0,00	0,00	115,64	0,81
168,8 - 191,3	21,23	50,57	51,37	45,89	18,38	0,23	0,00	187,67	1,58
191,3 - 213,8	16,78	18,49	28,77	21,80	4,57	0,00	0,00	90,41	1,43
213,8 - 236,3	0,46	1,48	5,48	1,26	0,11	0,00	0,00	8,79	1,41
236,3 - 258,8	0,00	1,03	4,91	0,23	0,00	0,00	0,00	6,16	1,33
258,8 - 281,3	0,11	1,14	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	3,31	1,21
281,3 - 303,8	0,91	0,80	1,14	0,46	0,00	0,00	0,00	3,31	1,08
303,8 - 326,3	1,71	0,23	0,23	0,46	0,00	0,00	0,00	2,63	0,70
326,3 - 348,8	0,68	0,57	1,26	0,34	0,23	0,11	0,00	3,20	1,36
Variabili	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Calme	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Totale	275,34	311,07	235,05	116,67	39,84	11,30	10,73	1000,00	0,00

Figura 12. Distribuzione della velocità del vento per singolo settore angolare di provenienza
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

I dati statistici tabellati di cui alla figura precedente sono inoltre riproposti schematicamente alle seguenti figure.

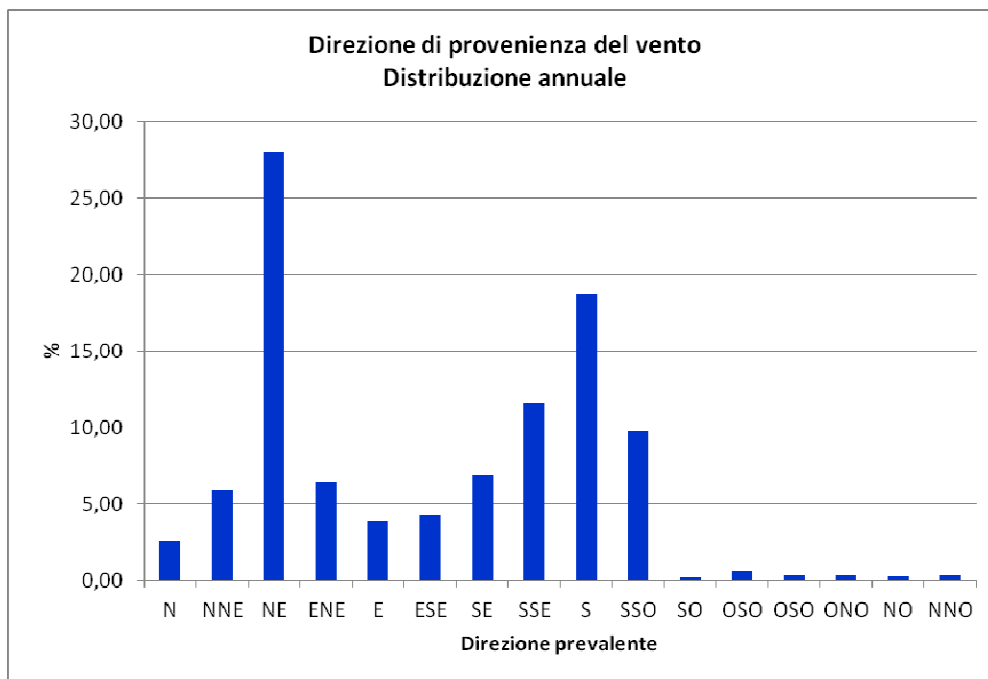


Figura 13. Distribuzione annuale della direzione prevalente del vento.
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

L'analisi statistica delle frequenze di accadimento dei venti elaborate a partire dai dati di processamento del modello CALMET per l'area di analisi ha quindi reso possibile la creazione della rosa dei venti riportata alla seguente figura.

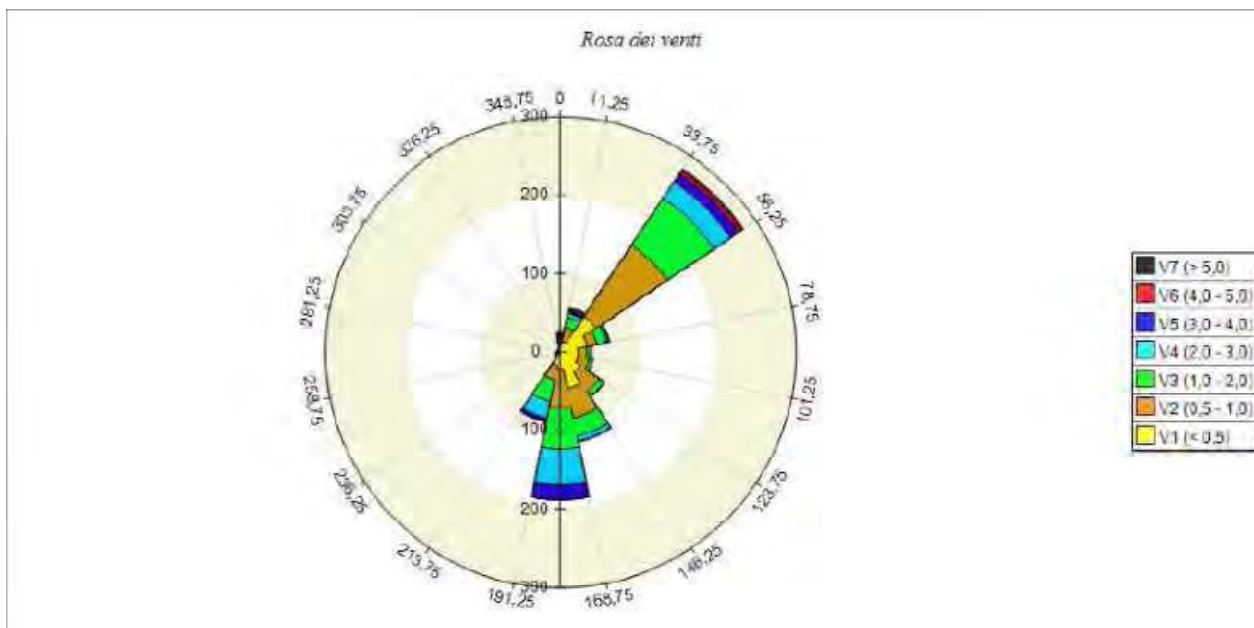


Figura 14. Rosa dei venti per l'area di analisi.
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

I risultati dell'analisi presentano una situazione anemometrica caratterizzata da venti mediamente di debole/media intensità ($u < 4$ m/s) provenienti con larga maggioranza dai settori nord-orientali, con rinforzi dai quadranti meridionali e con una percentuale di vento debole ($u < 1$ m/s) piuttosto consistente e pari a circa il 27,5%.

La velocità media del vento nel periodo considerato risulta pari a 1,18 m/s con *range* di 0,01 – 8,1 m/s.

Classe di stabilità atmosferica

La categorizzazione delle classi di stabilità atmosferica dipende dalla velocità media del vento e dal valore di radiazione solare (in periodo diurno) e di copertura nuvolosa (in periodo notturno).

Per la determinazione percentuale dell'occorrenza delle varie classi di stabilità nel presente studio sono stati considerati i valori medi calcolati sulla base dell'elaborazione oraria prodotta da CALMET per l'area di Breno e fornita da MAIND Srl, per un totale di 8760 dati orari validati nell'anno 2017.

I valori considerati sono quindi riassunti e riportati nella seguente tabella.

TABELLA II – Classi di stabilità atmosferica. Frequenze annuali e stagionali. Breno 2017.

	A	B	C	D	E	F+G	Totali
Anno	2,63	16,20	19,50	18,61	2,09	40,98	100
Primavera	4,03	19,29	20,24	19,16	1,77	35,51	100
Estate	5,62	20,92	21,88	15,13	1,31	35,14	100
Autunno	0,50	13,10	19,00	17,08	2,43	47,89	100
Inverno	0,28	11,34	16,81	23,15	2,87	45,56	100

Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017.

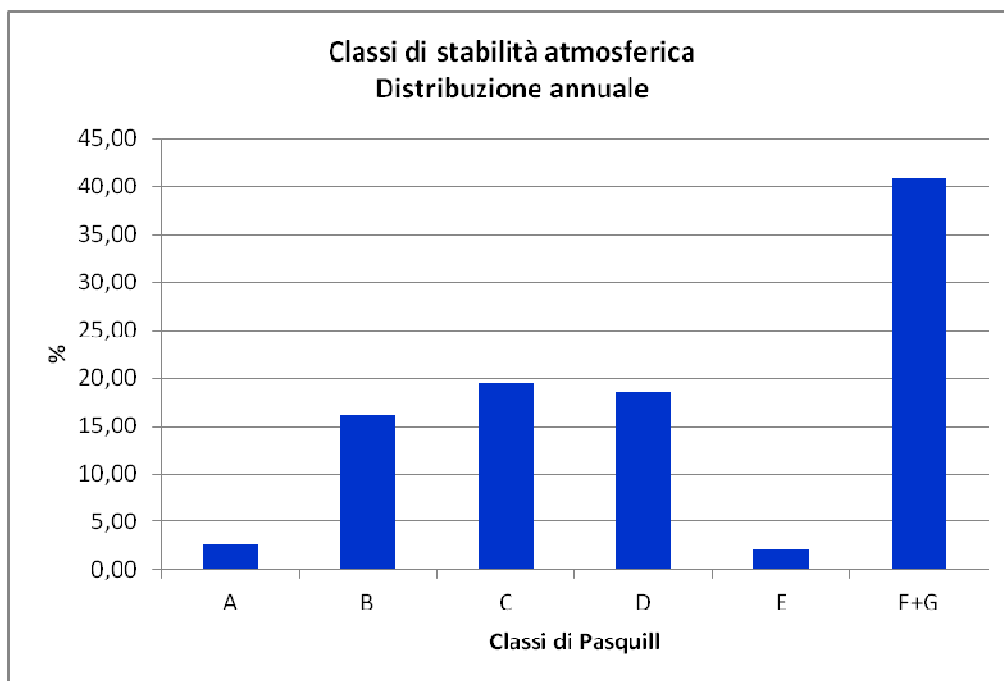


Figura 15. Distribuzione delle frequenze annuali di accadimento delle classi di stabilità atmosferica per l'area di analisi.
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

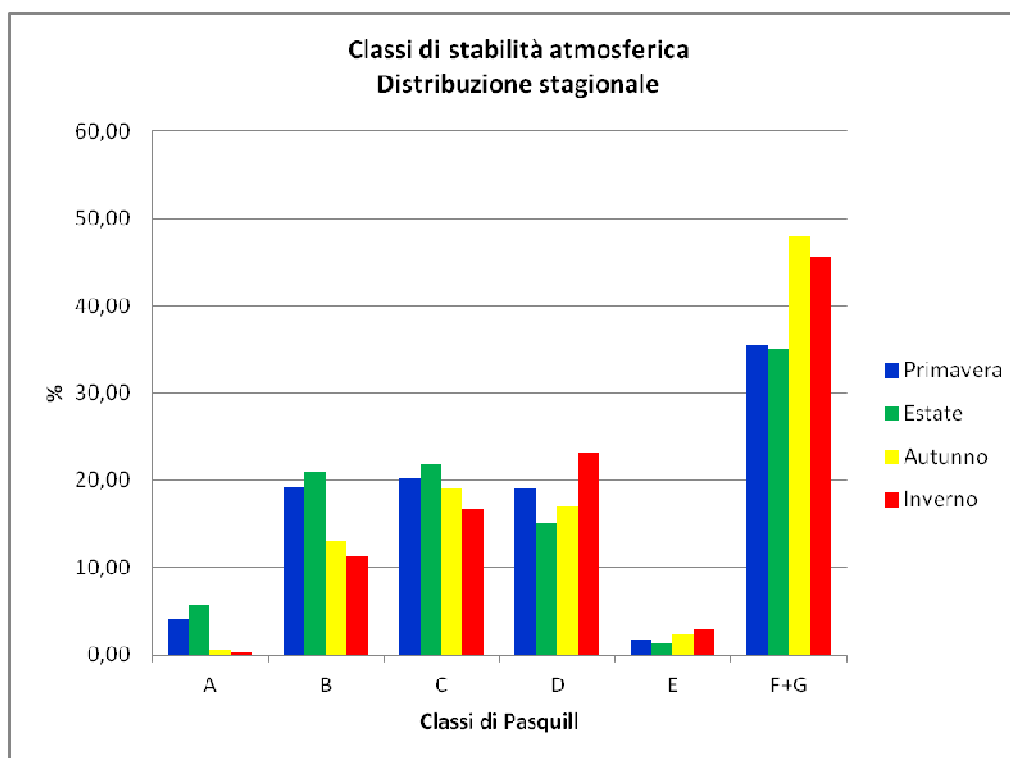


Figura 16. Distribuzione delle frequenze stagionali di accadimento delle classi di stabilità atmosferica per l'area di analisi.
(Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno 2017).

La distribuzione delle classi di stabilità per l'area oggetto di studio presenta quindi una prevalenza della condizione di stabilità forte (F), seguita da condizioni di instabilità medio-bassa (B e C) e di neutralità (D). Risultano molto meno rappresentate le condizioni di instabilità forte associabile a giornate con forte radiazione solare e scarsa ventilazione e di stabilità moderata associabile a nottate con vento moderato e copertura nuvolosa media. La situazione presentata nel seguente paragrafo è da ritenersi ragionevolmente applicabile a tutto l'areale di studio considerato.

Lunghezza di Monin-Obukhov ed altezza di inversione termica

Il mescolamento e la diluizione degli inquinanti si verificano prevalentemente al di sotto della quota di inversione termica, all'interno di uno strato che è definito di miscelamento. L'altezza dello strato di miscelamento in condizioni instabili è definita dalla seguente relazione

$$h_{mix} = 0.3 \cdot \frac{u_*}{f} \quad [27]$$

Con:

u_* = velocità di attrito del vento

f = fattore di Coriolis

In condizioni di atmosfera neutra o stabile l'altezza di rimescolamento può invece essere stimata utilizzando la seguente formula di Zilitinkevich:

$$h_{mix} = \frac{u_*}{|f|} \cdot \left[\frac{1}{c} + \left(\frac{u_*}{|f| \cdot k} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{1}{0.85} \cdot \left(\frac{1}{L} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{-1} \quad [28]$$

Con:

c = costante (0.30)

u_* = velocità di attrito del vento

f = fattore di Coriolis

k = costante di Von Karman (0.35)

L = Lunghezza di Monin-Obukhov

La lunghezza di Monin-Obukhov è un parametro che varia in funzione della classe di stabilità atmosferica ed in particolare secondo i valori di calore sensibile, di calore specifico a pressione costante, di densità dell'aria. In mancanza di tali dati, la lunghezza di Monin-Obukhov può essere stimata con la formula di approssimazione di Liu (1976) ed Irwin (1979), come segue:

$$\frac{1}{L} = a \cdot z_0^B \quad [29]$$

Nella formula [29], i coefficienti a e B sono determinati empiricamente a seconda della classe di stabilità, con l'ottenimento dei valori riportati alla seguente Tabella III.

TABELLA III – Valori empirici dei coefficienti a e B secondo approssimazione di Liu (1975) ed Irwin (1979).

Classe di stabilità	a	B
A	-0.0875	-0.1029
B	-0.03849	-0.1714
C	-0.00807	-0.3049
D	0	0
E	0.00807	-0.3049
F	0.03849	-0.1714

Utilizzando la formula [29] si ha quindi che il parametro $1/L$ è negativo per condizioni instabili, nullo per condizioni neutre e positivo per condizioni stabili.

Per la determinazione della velocità di attrito del vento può essere utilizzata la seguente relazione:

$$u_* = \frac{k \cdot u}{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \psi_m\left(\frac{z}{L}\right) + \psi_m\left(\frac{z_0}{L}\right)} \quad [30]$$

Con:

k = costante di Von Karman (0.35)

u = velocità del vento a quota z

z = altezza di riferimento (10 m)

z_0 = parametro di rugosità del suolo.

La funzione ψ_m è detta Funzione Universale di Similarità Relativa. Pur essendo concettualmente una funzione continua in z/L è più comodo trattare separatamente le situazioni convettive (atmosfera instabile) dalle situazioni neutre e stabili, come segue:

condizioni di atmosfera instabili (Classi A, B, C – $1/L < 0$) – Relazione di Businger-Dyer

$$\psi_m\left(\frac{z}{L}\right) = \ln\left[\left(\frac{1+x^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{1+x}{2}\right)^2\right] - 2 \tan^{-1} x + \pi/2 \quad [31]$$

Con:

$$x = \left(1 - 16 \cdot \frac{z}{L}\right)^{\frac{1}{4}} \quad [32]$$

condizioni di atmosfera neutre e stabili (Classi D, E, F – $1/L \geq 0$)

$$\psi_m\left(\frac{z}{L}\right) = -5 \cdot \frac{z}{L} \quad [33]$$

Il software di modellazione meteorologica CALMET fornisce automaticamente il valore della quota di inversione termica, per la definizione dell'altezza dello strato di rimescolamento (PBL) nelle diverse ore del periodo di previsione.

I risultati della post-elaborazione (medie della quota di inversione termica nelle diverse classi di stabilità) sono riportati alla seguente tabella.

Il campo meteorologico implementato nel software utilizza comunque i valori puntuali orari di inversione di quota.

TABELLA IV – Calcolo dell'altezza di inversione termica nelle diverse classi di velocità e come valore medio.

Altezza di inversione termica (m)						
	A	B	C	D	E	F
N	1395	843	767	1171	-- ¹	269
NNE	1768	484	385	749	1100	61
NE	940	669	242	342	625	93
ENE	1041	708	328	303	460	82
E	1055	736	369	243	-- ¹	61
ESE	995	685	546	160	825	62
SE	1059	719	358	233		61
SSE	1181	867	547	330	478	63
S	1607	1425	1160	887	387	62
SSW	1713	1402	1058	1069	-- ¹	106
SW	-- ¹	-- ¹	-- ¹	1376	-- ¹	63
WSW	-- ¹	1926	1243	1372	-- ¹	84
W	-- ¹	2254	1138	2026	-- ¹	-- ¹
WNW	-- ¹	1030	1101	1584	-- ¹	157
NW	-- ¹	331	583	993	-- ¹	-- ¹
NNW	-- ¹	1528	1037	1296	237	52
Media per classe	1360	1069	785	645	622	80

¹ Nessun valore fornito dal preprocessore meteorologico per la combinazione specifica direzione vento/classe di stabilità atmosferica.
Fonte dati: MAIND Srl - Elaborazione CALMET per loc. Breno.

DESCRIZIONE DELLE SORGENTI DI EMISSIONE

La presente relazione di valutazione previsionale di impatto atmosferico ha preso in considerazione specifici scenari di emissione antropogenica connessi al progetto di realizzazione di opere di *capping* per aree di ex-discarica di RSU, cui seguirà un progetto di riqualificazione funzionale delle aree stesse mediante realizzazione di nuovi comparti ad uso direzionale/produttivo/commerciale e ricreativo in comune di Breno (BS), con aumento dei volumi di traffico su alcuni assi della viabilità principale. In relazioni alle fasi del progetto significative per le emissioni in atmosfera sono stati quindi studiati i seguenti scenari di emissione, confrontati con lo stato di fatto che definisce la situazione emissiva attuale:

- Scenario 1 - Fase di cantiere: situazione delle emissioni generate durante le fasi di realizzazione delle opere di *capping* con particolare riferimento alle fasi di scavo e formazione di cumuli di materiali e terreno, stesa dei materiali e con attività di carico e movimentazione di mezzi pesanti;
- Scenario 2 - Fase di esercizio: situazione delle emissioni generate dal traffico veicolare nell'ipotesi di modificazione dei flussi in seguito alla realizzazione delle nuove strutture direzionali, produttive, commerciali e ricreative sulla viabilità esistente e di progetto.

Gli scenari presentano caratteristiche di emissione differenti e legati all'attivazione delle tipologie di sorgenti presenti, nonché alle caratteristiche tecnologiche dei veicoli che costituiranno prevedibilmente il parco veicolare in transito lungo gli assi viari principali, considerati nella presente relazione tecnica.

Sono quindi riportate di seguito le metodologie impiegate per la definizione delle sorgenti e per la quantificazione degli inquinanti immessi da ciascuna di esse, per l'applicazione dei modelli di calcolo negli scenari di emissione considerati.

Scenario 1 - Fase di cantiere

Sorgenti areali

Nelle fasi di cantiere l'inquinante avente potenzialmente il maggiore impatto è costituito dalle polveri. Le attività cantieristiche che generano questo tipo di inquinante sono riconducibili alla movimentazione ed alla stesa del terreno all'interno del cantiere ed alla circolazione dei mezzi di lavorazione sulla viabilità interna al cantiere. L'attivazione di queste sorgenti può essere discontinua e comunque con carattere temporaneo, legato al cronoprogramma del cantiere.

Nell'ottica di poter avere una quantificazione delle polveri prodotte durante le fasi di scavo risulta necessario poter determinare dei fattori di emissione dell'inquinante connessi alle fasi maggiormente impattanti, nel caso in esame costituite da:

- scarico mezzi / scavi / formazione dei cumuli
- stesa del materiale
- circolazione dei mezzi.

Per la determinazione dei fattori di emissione sono richiamate le relazioni contenute nel documento “AP 42, Fifth Edition – Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources” pubblicato da U.S.-E.P.A. (Environmental Protection Agency), con le seguenti specifiche:

Scarico mezzi / scavi / formazione dei cumuli

L'attività avviene svolta attraverso l'utilizzo di escavatori che prelevano il materiale dai mezzi pesanti in entrata e lo accumulano in aree apposite per la successiva stesa dei materiali. Per la fase inerente la formazione dei cumuli e lo scarico degli automezzi viene utilizzata l'equazione “Loading Excavated Material to Trucks and Truck Dumping [Equation(1), AP-42 13.2.4]:

$$E_E = k \cdot 0.0016 \cdot \left(\frac{U}{2.2} \right)^{1.3} \cdot \left(\frac{M}{2} \right)^{-1.4} \quad [34]$$

Con:

E_E = quantità di particolato PM_{10} emesso in Kg per tonnellata di materiale movimentato

k = costante legata alle dimensioni del particolato, in questo caso pari a 0,35

U = velocità del vento in m/s (range di velocità condizionata all'applicazione dell'equazione 0,6 – 6,7 m/s), in questo caso posta pari a 1,2 m/s (media della velocità annuale)

M = umidità del materiale espressa come % (range di % condizionata all'applicazione dell'equazione 0,25 – 4,8), in questo caso posta uguale ad un valore intermedio di 2%

Sostituendo i valori delle variabili e delle costanti nella [34] si ottiene un valore di E_E pari a 0,249 g/tonn.

Per le due aree i computi metrici delle opere indicano un quantitativo di terreno da utilizzare pari rispettivamente a 9649 m³ per l'area A ed a 16541 m³ per l'area B. Ipotizzando un peso specifico medio pari a 1500 kg/m³ si ottiene quindi una quantità pari a 14474 t per l'area A ed a 24812 t per l'area B.

I lavori comprenderanno circa 60 giorni e saranno organizzati su un arco temporale di 10 ore/giorno. Ipotizzando un impiego omogeneo si ottiene per le due aree un fattore di emissione per le polveri pari a 1,670 mg/s per l'area A ed a 2,826 mg/s per l'area B.

Stesa del materiale

Per le operazioni di scarico al suolo e stesa del materiale, il fattore di emissione indicato alla sezione AP-42 11.9-4 risulta pari a 0,02 kg/tonn per il parametro Particolato Totale Sospeso. La quota parte di polveri sottili PM_{10} è assunta pari al 10% del valore di PTS totale.

Sulla base delle quantità di materiale da stendere di cui al sottoparagrafo precedente si ottiene, in analogia di calcolo, un fattore di emissione pari a 13,401 mg/s per l'area A ed a 22,974 mg/s per l'area B.



Sommando quindi i contributi per formazione cumuli e stesa materiali per le due aree, ipotizzando che i lavori avvengano in contemporanea si ottiene un fattore di emissione pari a 15,071 mg/s per l'area A ed a 25,836 mg/s per l'area B.

Circolazione dei mezzi

La movimentazione dei materiali avverrà con mezzi pesanti che percorreranno delle piste sterrate interne al cantiere. Per tale fase la valutazione delle polveri prodotte avviene mediante l'equazione "Unpaved Roads [Equation(1a), AP-42 13.2.2]":

$$E_C = k \cdot \left(\frac{s}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^b \quad [35]$$

Con:

E_C = quantità di particolato PM_{10} emesso in grammi per chilometro percorso

K, a, b = costanti legate alle dimensioni del particolato, in questo caso pari rispettivamente a 422,85 g/Km, 0,9 e 0,45

W = peso medio dei veicoli (*range* di tons condizionata all'applicazione dell'equazione 1.8 – 260 tons), in questo caso posto uguale a 38 tons

s = percentuale di limo contenuto nelle strade (*range* di % condizionata all'applicazione dell'equazione 1.8 – 25.2 tons), in questo caso posto uguale a 2.

Sostituendo i valori delle variabili e delle costanti nella [35] si ottiene un valore di E_C pari a 264,72 g/Km.

Le piste interne saranno comunque sottoposte a bagnamento in modo da non formare effluenti polverulenti. In questo caso si può stimare una forte riduzione del fattore di emissione a livelli pari a circa il 10% del totale, per un valore di 26,43 g/Km.

Sulla base dei quantitativi di materiale da conferire alle aree di lavoro si stimano circa 20 viaggi/giorno, pari a circa 2 movimentazioni di veicoli pesanti/ora tra accesso ed uscita, che si ipotizza si distribuiscano interamente ed equamente nei due rami di Via Leonardo da Vinci, secondo lo schema di segmenti di traffico di cui alla seguente figura 17.

Sui segmenti di traffico esterni (da 01 a 06) si impone il fattore di emissione di ossidi di azoto e di polveri sottili in emissione dai gas di scarico (comprensivo per le polveri per le aree pavimentate dei valori di risospensione dal terreno (cfr. sottoparagrafo seguente).

Per i segmenti interni C1 e C2 si ottiene invece un fattore complessivo pari a circa 26,73 g/km per le polveri ed il fattore di emissione specifico per gli ossidi di azoto.



Figura 17. Estratto C.T.R. con schematizzazione dei segmenti di traffico considerati per la fase di cantiere.

Scenario 2 - Fase di esercizio

Sorgenti puntiformi

Il progetto non prevede la realizzazione di sorgenti puntiformi significative. In particolare non sono previsti sistemi di riscaldamento mediante combustione di combustibili tradizionali, ai quali saranno invece preferiti sistemi di riscaldamento in pompa di calore ad alimentazione elettrica, senza emissioni in atmosfera.

Sorgenti lineari

Le sorgenti lineari sono rappresentate dal traffico veicolare in transito lungo gli assi viari considerati nella presente relazione tecnica. Per il calcolo delle emissioni generate dai veicoli in transito è necessario conoscere la composizione del parco veicolare in termini di tipologia del veicolo (leggero e pesante) e di tipologia e tecnologia di alimentazione (benzina/diesel e convenzionale/catalizzato). Tali dati infatti consentono di produrre opportune medie pesate dei fattori di emissione di ciascuna tipologia di veicolo per arrivare ad un valore medio che viene poi inserito nel software CALINE4 per la modellazione della dispersione degli inquinanti.

I fattori di emissione medi sono stati quindi calcolati partendo dai valori presentati per ciascun inquinante e per ciascuna tipologia di veicolo, di alimentazione e considerando il ciclo di guida urbano ed extraurbano, in relazione alle modalità di fruizione dei diversi assi viari della viabilità primaria, secondaria ed interna al lotto di intervento. I fattori di emissione utilizzati sono quelli riportati al sito <http://www.sinanet.isprambiente.it> all'interno

della banca dati dei fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia (ultimo aggiornamento 2016) e sono ulteriormente riportati nelle seguenti tabelle.

Tabella V – Fattori medi di emissione per traffico veicolare per ciclo di guida “urbano”.

Fattore medio di emissione (g/Km*veicolo)		
Tipologia veicolo	NO _x	PM ₁₀
Leggeri	0,458665533	0,048773542
Pesanti	7,501464445	0,333621805

Fonte dati: I.S.P.R.A. 2018.

Tabella VI – Fattori medi di emissione per traffico veicolare per ciclo di guida “extraurbano”.

Fattore medio di emissione (g/Km*veicolo)		
Tipologia veicolo	NO _x	PM ₁₀
Leggeri	0,365152659	0,037455221
Pesanti	4,44123891	0,211438464

Fonte dati: I.S.P.R.A. 2018.

Per quanto riguarda il fattore di emissione del particolato sospeso, i valori riportati nelle precedenti tabelle si riferiscono unicamente all'emissione contenuta nei gas di scarico dei veicoli. Una parte rilevante di emissione di questo inquinante è però prodotta dalla risospensione delle polveri a seguito del transito dei veicoli sulle strade asfaltate.

Per la determinazione del fattore di emissione di polveri per sollevamento dalla sede stradale è richiamata la relazione contenuta nel documento “AP 42, Fifth Edition – Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume 1: Stationary Point and Area Sources” pubblicato da U.S.-E.P.A. (*Environmental Protection Agency*).

In particolare per la fase inerente il sollevamento di polveri inerti da sede stradale asfaltata viene utilizzata l'equazione “Paved roads [Equation(2), AP-42 13.2.1]:

$$E_{EXT} = k \cdot (sL)^{0.91} \cdot (W)^{1.02} \quad [36]$$

Con:

E_{EXT} = quantità di particolato PM₁₀ emesso in g/VKT (grammi per veicolo per chilometro percorso)

k = costante moltiplicativa legata alla granulometria della polvere, in questo caso pari a 0,62 per PM₁₀.

sL = carico di sedimento sulla superficie stradale in g/m² (*range* di validità dell'equazione 0,03 – 400) variabile a seconda del numero di transiti giornalieri medi.

W = peso medio in tonnellate dei veicoli in transito.

I fattori di emissione per le polveri sono quindi integrati anche della quota prodotta per risospensione del particolato dalla sede stradale asfaltata, per l'ottenimento del fattore di emissione complessivo.

Si ricorda inoltre che nel presente studio si utilizza in via cautelativa il fattore di emissione per il totale NO_x in riferimento al biossido di azoto, assumendo quindi in via cautelativa che tutta la miscela NO+NO₂ sia

fortemente sbilanciata verso il biossido di azoto. In realtà va comunque fatto rilevare che il fattore di emissione da traffico proprio di NO_2 è pari a circa al 30% di quello di NO_x .

Per la modellazione delle emissioni da traffico, il programma CALINE4 è stato implementato caricando uno schema dei principali assi viari per i quali risultavano disponibili i dati di viabilità, desunti da uno studio specifico condotto sul caso in esame, integrati anche da quelli per i quali potrebbero essere prevedibili delle modificazioni dei flussi veicolari, in relazione alla redistribuzione del traffico indotto all'interno del reticolo della viabilità interna ai comparti di intervento e relativa alle aree parcheggio in progetto. In particolare sono stati considerati i segmenti viari riportati nella seguente figura.

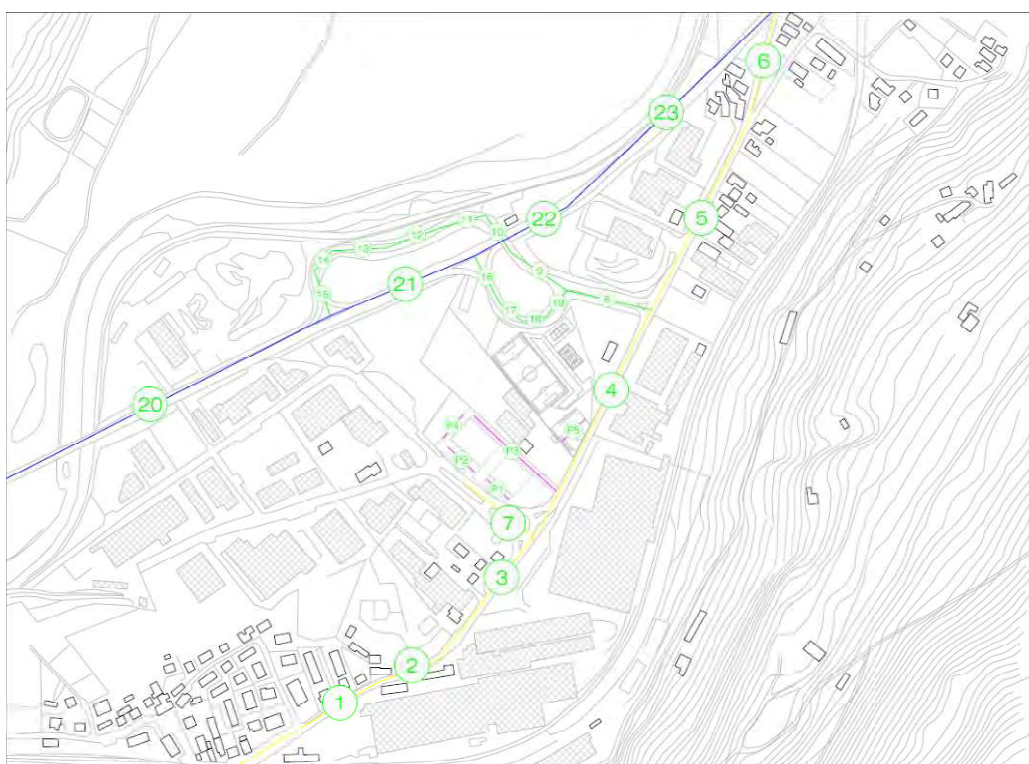


Figura 18. Estratto C.T.R. con schematizzazione dei segmenti di traffico considerati per la fase di esercizio.

Per il calcolo tramite software previsionale CALINE4 è necessario valutare il contributo del traffico veicolare nello stato di fatto, per poter quindi stimare l'aumento di tale variabile nello scenario "Fase di esercizio".

Il software di calcolo permette di poter inserire i flussi di traffico anche su base oraria, per poter garantire una ancor più aderente corrispondenza tra le fluttuazioni nelle movimentazioni nell'arco della giornata e la variazione delle principali componenti meteo climatiche che influenzano la dispersione degli inquinanti.

Sulla base dei dati disponibili nello studio di viabilità, e valutando un verosimile periodo di apertura per un'eventuale futura struttura commerciale nel comparto A, la presente analisi si è concentrata sulle modificazioni dei flussi orari medi di veicoli leggeri e pesanti in periodo diurno tra le ore 08:00 e le ore 20:00, come media pesata tra quelli risultanti dal modello di calcolo viabilistico per le giornate campione analizzate.

(media settimanale tra mercoledì 24 e martedì 30 ottobre 2018) su entrambe le direzioni di marcia di tre sezioni così individuate:

- Sezione 1: posta lungo la SS42, a nord dello svincolo;
- Sezione 2: posta lungo la SS42, a sud dello svincolo;
- Sezione 3: lungo via Leonardo Da Vinci, a sud dello svincolo.



Figura 19. Ortofoto con indicazione delle sezioni utilizzate per i rilievi del traffico.

I risultati sono riportati alle seguenti tabelle, per ciascuna sezione, nel periodo utilizzato per l'analisi.

Tabella VII – Traffico Medio Orario nello stato di fatto su Sezione 1 nel periodo di tempo analizzato con evidenziazione dell'ora di punta.

Orario	T.M.O			% leggeri	% pesanti
	Leggeri	Pesanti	Totali		
08.00-09.00	855	38	893	0,96	0,04
09.00-10.00	753	39	792	0,95	0,05
10.00-11.00	692	35	727	0,95	0,05
11.00-12.00	670	36	706	0,95	0,05
12.00-13.00	680	34	714	0,95	0,05
13.00-14.00	702	35	737	0,95	0,05
14.00-15.00	786	38	824	0,95	0,05
15.00-16.00	794	40	834	0,95	0,05
16.00-17.00	832	39	871	0,96	0,04
17.00-18.00	921	35	956	0,96	0,04
18.00-19.00	920	21	941	0,98	0,02
19.00-20.00	731	12	743	0,98	0,02

Tabella VIII – Traffico Medio Orario nello stato di fatto su Sezione 2 nel periodo di tempo analizzato con evidenziazione dell'ora di punta.

Orario	T.M.O			% leggeri	% pesanti
	Leggeri	Pesanti	Totali		
08.00-09.00	984	63	1047	0,94	0,06
09.00-10.00	856	67	923	0,93	0,07
10.00-11.00	773	64	837	0,92	0,08
11.00-12.00	780	64	844	0,92	0,08
12.00-13.00	779	58	837	0,93	0,07
13.00-14.00	778	56	834	0,93	0,07
14.00-15.00	892	63	955	0,93	0,07
15.00-16.00	913	61	974	0,94	0,06
16.00-17.00	938	64	1002	0,94	0,06
17.00-18.00	1041	59	1100	0,95	0,05
18.00-19.00	1045	31	1076	0,97	0,03
19.00-20.00	810	18	828	0,98	0,02

Tabella IX – Traffico Medio Orario nello stato di fatto su Sezione 3 nel periodo di tempo analizzato con evidenziazione dell'ora di punta.

Orario	T.M.O			% leggeri	% pesanti
	Leggeri	Pesanti	Totali		
08.00-09.00	899	30	929	0,97	0,03
09.00-10.00	930	31	961	0,97	0,03
10.00-11.00	948	28	976	0,97	0,03
11.00-12.00	1008	33	1041	0,97	0,03
12.00-13.00	969	30	999	0,97	0,03
13.00-14.00	942	22	964	0,98	0,02
14.00-15.00	942	34	976	0,97	0,03
15.00-16.00	1024	31	1055	0,97	0,03
16.00-17.00	1053	30	1083	0,97	0,03
17.00-18.00	1221	24	1245	0,98	0,02
18.00-19.00	1138	16	1154	0,99	0,01
19.00-20.00	808	4	812	1,00	0,00

Lo studio di viabilità indica quindi un valore di induzione di traffico nell'ora di punta pari a +769 veicoli/ora. Tale valore tiene in considerazione l'induzione cumulativa delle previsioni per i comparti di progetto e per gli altri ambiti di trasformazione limitrofi già individuati all'interno del P.G.T. del Comune di Breno, in modo da pervenire alla quota totale di induzione di traffico nell'ipotesi di realizzazione di tutti gli interventi previsti a livello della pianificazione urbanistica locale. Rispetto al valore totale, giova ricordare che l'induzione di traffico specifica per i due comparti di intervento (Area A ed Area B) è stimata in +247 veicoli/ora, sempre riferiti alla punta, suddivisi in +217 veicoli/ora per il comparto A e + 30 veicoli/ora per il comparto B. Si stima inoltre che l'induzione interessi in modo dominante i veicoli leggeri, cui si somma per ogni tratto almeno 1 veicolo pesante/ora.

I veicoli indotti si ripartiranno quindi sulla viabilità esterna secondo lo schema riportato alla figura seguente, desunto dallo studio di viabilità.

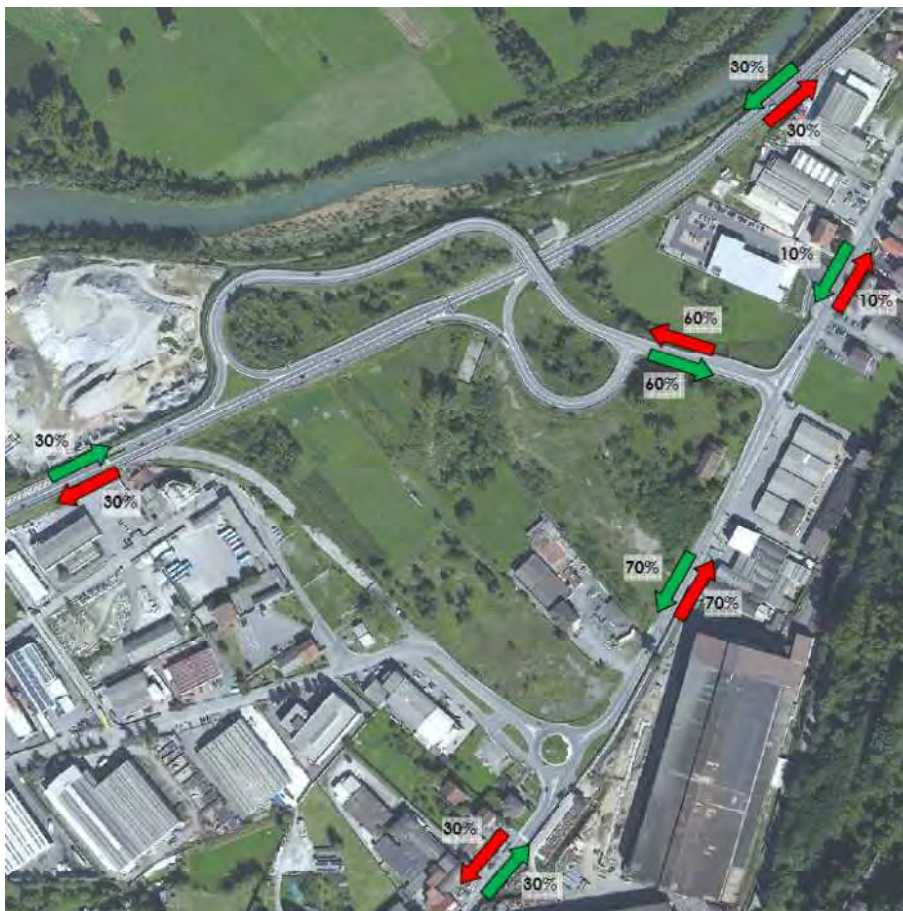


Figura 20. Schema di ripartizione del traffico indotto sulla viabilità esterna.

Per la trattazione tecnica dei valori sopra riportati si rimanda allo studio viabilistico allegato alla documentazione per la valutazione ambientale strategica. Per la ripartizione nelle aree parcheggio si stima in prima analisi una ripartizione omogenea tra le 4 aree parcheggio/movimentazione per il comparto A (+ 72 veicoli/ora ciascuna) ed il totale dell'indotto nell'unica area parcheggio del comparto B (+ 30 veicoli/ora).

Si ottiene pertanto una ripartizione percentuale per i vari tratti considerati riportata alla seguente Tabella.

Tabella X – Ipotesi di distribuzione del traffico sulla viabilità interna ed esterna rispetto al valore di punta di traffico indotto

ID segmento	% su totale indotto ora di punta
01, 02, 03, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23	30
04	70
05, 06	10
07	67
08	60
P1, P2, P3, P4	33
P5	100

Inoltre risulta necessario poter valutare, in analogia con i dati disponibili per lo stato di fatto, un profilo orario di induzione di traffico, in quanto risulterebbe eccessivamente sovrastimato attribuire il valore di induzione di punta a tutto il periodo di analisi.

Per poter valutare un profilo orario ragionevole e che risulti il più possibile congruente con i dati effettivamente rilevati nelle sezioni di indagine, si è proceduto a valutare il fattore di diminuzione dei flussi orari delle singole ore in rapporto a quello dell'ora di punta, ottenendo i seguenti profil.

Tabella XI – Fattore diminuzione di traffico orario rispetto all'ora di punta nel periodo di analisi nelle 3 sezioni di indagine.

Ora	Fattore di diminuzione su punta		
	Sezione 1	Sezione 2	Sezione 3
08.00 – 09.00	0,93	0,95	0,74
09.00 – 10.00	0,82	0,82	0,76
10.00 – 11.00	0,75	0,74	0,78
11.00 – 12.00	0,73	0,75	0,83
12.00 – 13.00	0,74	0,75	0,79
13.00 – 14.00	0,76	0,75	0,77
14.00 – 15.00	0,85	0,86	0,77
15.00 – 16.00	0,86	0,88	0,84
16.00 – 17.00	0,90	0,90	0,86
17.00 – 18.00	1,00	1,00	1,00
18.00 – 19.00	1,00	1,00	0,93
19.00 – 20.00	0,79	0,78	0,66

A questo punto per ogni segmento secondario è stato calcolato il flusso indotto nell'ora di punta sulla base della percentuale di distribuzione di cui alla Tabella X; successivamente per ogni segmento è stato calcolato il profilo orario indotto moltiplicando il valore di punta relativo per il contributo percentuale di ogni ora rispetto all'ora di punta. A livello analitico l'algoritmo è sintetizzabile nella seguente relazione:

$$TMO_{ij} = TP_{Indotto} \cdot FD_j \cdot FOP_i \quad [36]$$

Con:

- TMO_{ij} = Traffico Medio Orario indotto nell'ora i-esima per il segmento j-esimo;
 $TP_{Indotto}$ = Traffico di Punta indotto;
 FD_j = Fattore di distribuzione del traffico indotto sul segmento j-esimo (rif. Tabella X);
 FOP_i = Fattore Orario di diminuzione del traffico nell'ora i-esima rispetto al valore di punta (rif. Tabella XI).

Applicando la relazione [36] si ottengono i seguenti profili di traffico orario indotto nel periodo di accesso ai due comparti per ciascun segmento di traffico, precisando che solo per il tratto P4 si stima una presenza di auto potenzialmente fino alle ore 22:00.



Tabella XII – Profili orari di traffico indotto sui segmenti di traffico analizzati nel periodo di accesso dei due comparti.

Orario	ID SEGMENTO																			
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
08.00 – 09.00	171	171	171	397	58	58	108	433	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	217	219
09.00 – 10.00	177	177	177	411	60	60	112	379	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	190	191
10.00 – 11.00	180	180	180	419	61	61	114	346	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	174	173
11.00 – 12.00	191	191	191	445	64	64	121	342	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	172	174
12.00 – 13.00	184	184	184	428	62	62	116	344	172	172	172	172	172	172	172	172	172	172	173	174
13.00 – 14.00	179	179	179	416	60	60	113	349	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	174
14.00 – 15.00	179	179	179	416	60	60	113	396	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	199	199
15.00 – 16.00	194	194	194	452	65	65	123	402	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	202	204
16.00 – 17.00	200	200	200	465	67	67	126	417	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209	209
17.00 – 18.00	232	232	232	539	78	78	146	462	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232
18.00 – 19.00	216	216	216	503	73	73	137	463	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	232	233
19.00 – 20.00	154	154	154	357	52	52	97	364	182	182	182	182	182	182	182	182	182	182	183	181
20.00 – 21.00																				
21.00 – 22.00																				
	21	22	23	P1	P2	P3	P4	P5												
08.00 – 09.00	219	215	215	54	54	54	54	22												
09.00 – 10.00	191	190	190	56	56	56	56	23												
10.00 – 11.00	173	175	175	57	57	57	57	23												
11.00 – 12.00	174	169	169	60	60	60	60	25												
12.00 – 13.00	174	172	172	58	58	58	58	24												
13.00 – 14.00	174	177	177	56	56	56	56	23												
14.00 – 15.00	199	198	198	56	56	56	56	23												
15.00 – 16.00	204	200	200	61	61	61	61	25												
16.00 – 17.00	209	210	210	63	63	63	63	26												
17.00 – 18.00	232	232	232	73	73	73	73	30												
18.00 – 19.00	233	232	232	68	68	68	68	28												
19.00 – 20.00	181	184	184	48	48	48	48	20												
20.00 – 21.00								14												
21.00 – 22.00								9												

A ciascun segmento è quindi attribuito in fattore di emissione medio per ciascun inquinante, tenuta in considerazione la composizione percentuale tra veicoli leggeri e veicoli pesanti.

Per la restante frazione del periodo diurno e per il periodo notturno invece i dati di input al modello risultano di fatto invariati tra stato di fatto e stato di progetto, a fronte di un'induzione di traffico sostanzialmente nulla nei periodi in cui i nuovi comparti in previsione non risulteranno accessibili al pubblico o alle utenze specifiche.

APPLICAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO E RISULTATI

Dominio spaziale ed orografico

La dispersione degli inquinanti considerati dalla presente relazione di valutazione previsionale di impatto atmosferico è stata condotta su un dominio spaziale di 1300x950 m, con griglia di calcolo 50x50m (540 punti), con estremo Sud-Ovest alle coordinate UTM32: 601123 m E; 5090346 m N; e con estremo Nord-Est alle coordinate UTM32: 602423 m E; 5091296 m N (rif. Figura 21).

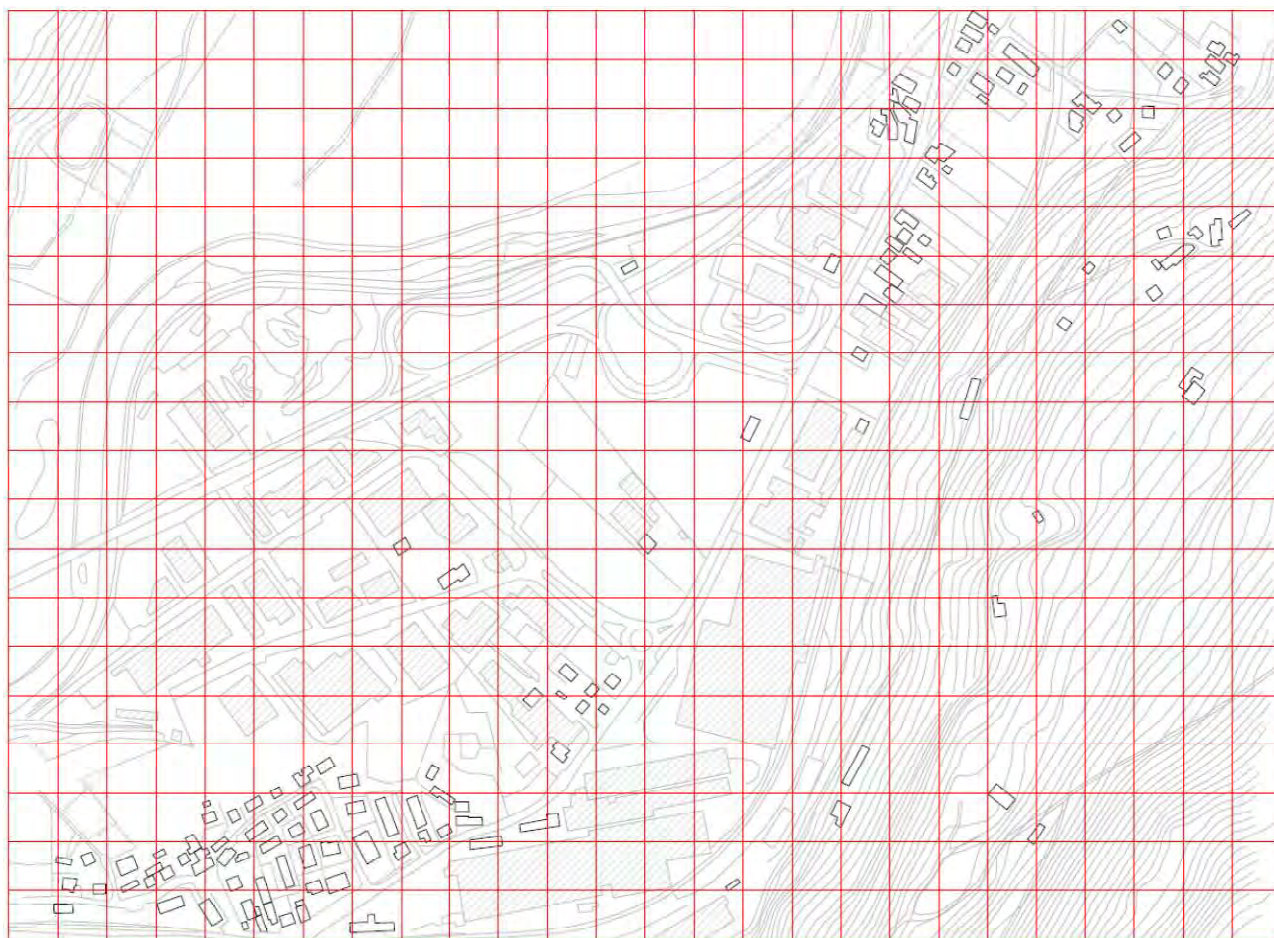


Figura 21. Mappa grafica con indicazione della griglia di calcolo utilizzata per la modellazione della dispersione degli inquinanti sul territorio.

Stante l'areale di calcolo considerato, il presente studio è stato condotto nell'ipotesi semplificativa secondo cui sono stati ritenuti trascurabili gli eventuali fenomeni di deposizione che possono potenzialmente coinvolgere gli inquinanti valutati.

Il modello è stato implementato impostando il reticolo orografico e di rugosità del suolo georeferenziato, ricavato mediante preprocessore LANDUSE dal geodatabase nazionale disponibile, con distribuzione

altimetrica ricomposta con software Surfer® sulla griglia di calcolo di maggior dettaglio disponibile con passo $dx = dy = 100$ m (rif. figura 22).

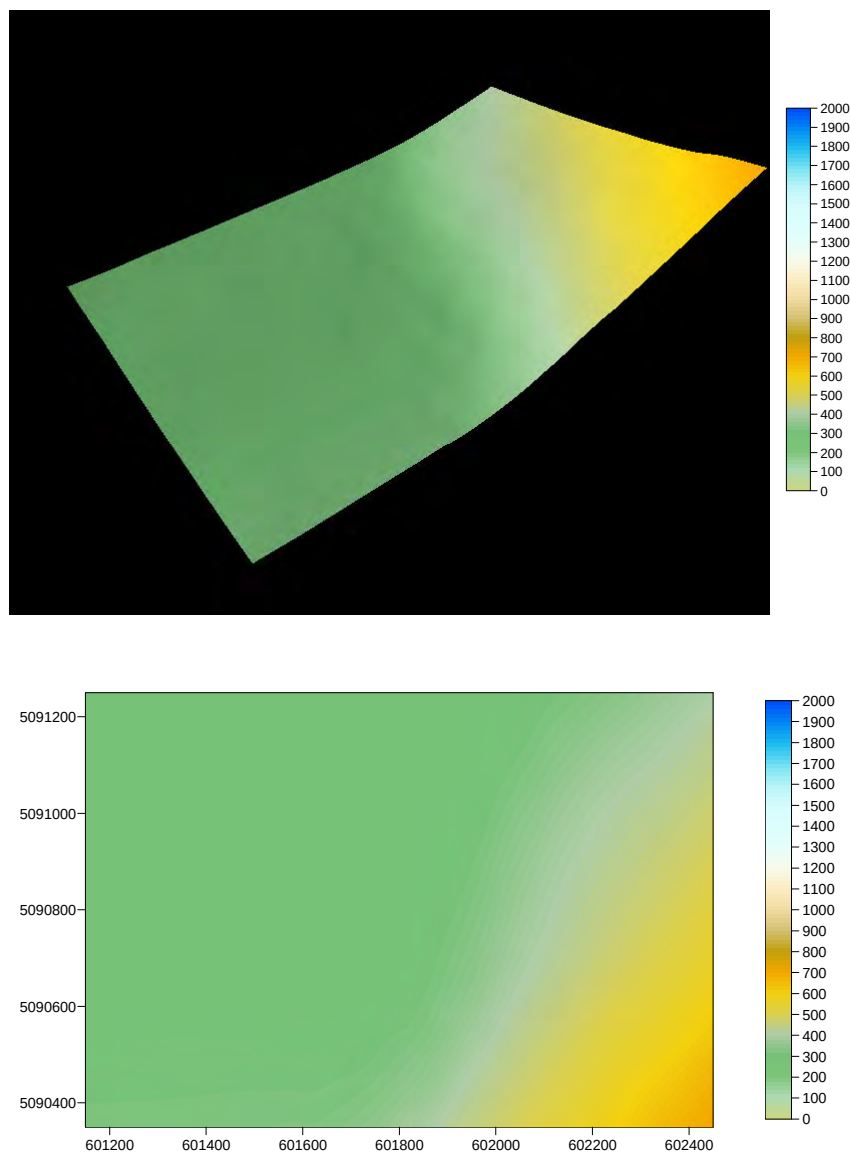


Figura 22. Mappa della distribuzione altimetrica (in metri s.l.m.) all'interno del dominio di calcolo in visione assonometrica (sopra) e planimetrica (sotto).

Stato di fatto

Per la definizione dei valori di concentrazione degli inquinanti considerati nello stato di fatto sono stati considerati i dati disponibili dalla rete di rilevazione di A.R.P.A. Lombardia per l'anno 2017, in omogeneità con il dominio temporale del campo meteorologico utilizzato per l'implementazione dei modelli di calcolo.

In particolare, per il parametro biossido di azoto si dispone dei dati effettivamente misurati da una centralina in comune di Breno, in area urbanizzata in via don R. Putelli, posta a circa 1 Km in direzione Sud-Ovest rispetto all'area di intervento.

Per il parametro PM₁₀ la rete regionale non dispone di un sensore direttamente posizionato all'interno del Comune di Breno, pertanto si utilizza la stima comunale calcolata da A.R.P.A. Lombardia a partire dai risultati delle simulazioni su scala regionale, eseguite con un modello chimico-fisico di qualità dell'aria.

I valori relativi sono quindi riassunti e riportati alla seguente Tabella.

Tabella XIII – Attribuzione valori di concentrazione di fondo alle celle del dominio di calcolo per i parametri oggetto di studio.

Località	Valore di concentrazione media nell'anno 2017 ¹		
	BIOSSIDO DI AZOTO (NO ₂)		PARTICOLATO (PM ₁₀)
	Anno	Ora	Anno
Breno	28,2	100	22,0

¹ Tutti i valori di concentrazione sono espressi in µg/m³. Fonte: ARPA Lombardia.

Stanti i dati rilevati da A.R.P.A. per il biossido di azoto e quelli stimati per il particolato sottile non si rilevano criticità, ma valori inferiori ai relativi limiti che descrivono sostanzialmente una condizione emissiva generalmente buona.

Risultati

Descrizione del procedimento di calcolo

La dispersione degli inquinanti considerati dalla presente relazione di valutazione previsionale di impatto atmosferico è stata condotta applicando il software previsionale MMS CALINE4 ver. 2.6 per le sorgenti lineari (traffico stradale) ed il software previsionale WINDIMULA 4.9.0® per le sorgenti areali (lavorazioni di cantiere) implementati come descritto in precedenza e sul dominio di calcolo composto dalla griglia di cui alla figura 21. Con i risultati ottenuti dai software di calcolo sono state quindi ottenute delle matrici x,y,z (con x,y = coordinate del punto di calcolo e z = valore calcolato) utilizzando le quali è stato possibile creare delle mappe di dispersione dei vari inquinanti per ciascuno degli scenari di studio, tramite l'utilizzo del software Surfer 8.0 della Golden Software. Tali mappe sono state poi sovrapposte all'estratto di Carta Tecnica Regionale disponibile per l'area per fornire la rappresentazione grafica completa della dispersione media annua dei vari inquinanti sul territorio, onde poter valutarne gli andamenti nei due diversi scenari, nell'ottica di individuare eventuali/potenziati aree di superamento dei valori limite per la qualità dell'aria stabiliti dal D.Lgs. 13 agosto 2010, n. 155.

Risultati – Biossido di azoto (NO₂)

Nella seguente tabella vengono riportati i valori minimo, massimo e medio in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ su tutto l'areale di calcolo della concentrazione media annua dell'inquinante biossido di azoto, per ciascuno scenario considerato.

Si propone inoltre una possibile stima del valore massimo assoluto su tutto l'areale, calcolato come somma tra il contributo massimo ed il prevedibile valore di fondo attribuito all'area sulla base dei rilevamenti A.R.P.A. Lombardia condotti all'interno del territorio comunale di Breno in condizioni antropiche confrontabili.

Tabella XIV – Schema riassuntivo dei risultati su tutto l'areale di calcolo per la concentrazione media annua dell'inquinante biossido di azoto.

	Contributo del progetto Scenario 1 – Fase di cantiere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Contributo del progetto Scenario 2 – Fase di esercizio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Minimo	0,0	0,0
Massimo	1,0	6,4
Medio	0,1	0,7
Valore di fondo	28,2	28,2
Valore massimo assoluto	29,2	34,6
Valore limite D.Lgs 155/2010	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per la salvaguardia della salute umana	

La matrice complessiva dei risultati di calcolo per ciascun punto di griglia è riportata all'allegato 01.

Le dispersioni dei dati modellate per i due scenari sono invece proposte alla figure seguenti.

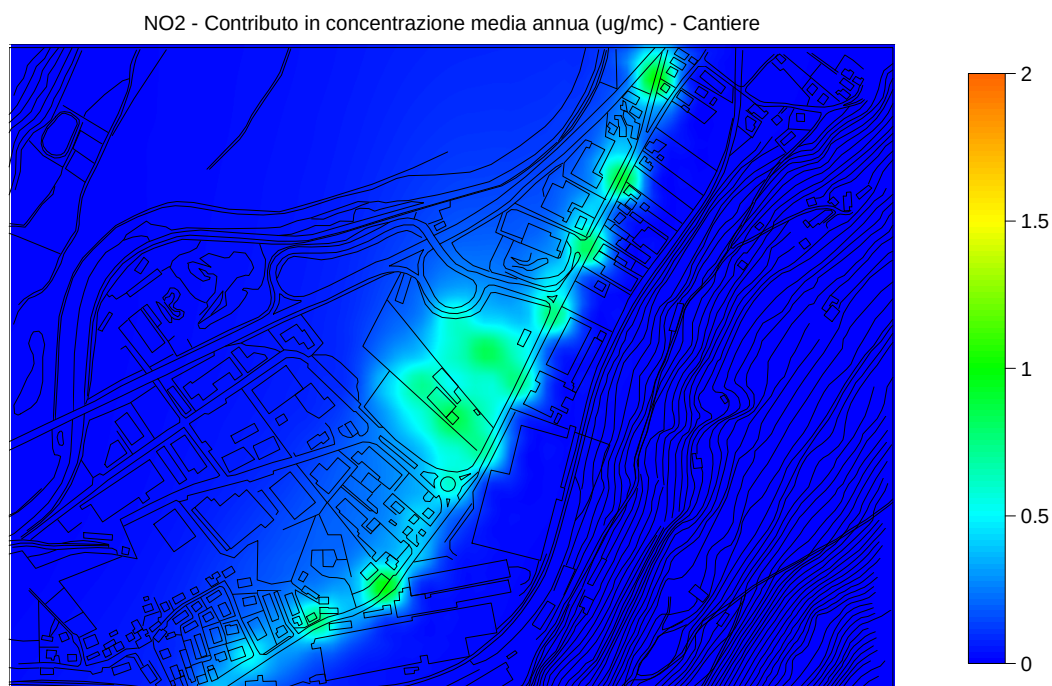


Fig. 23. Mapa planimetrica dei valori di concentrazione media annua in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di biossido di azoto nell'areale di studio per lo scenario 1 – Fase di cantiere.

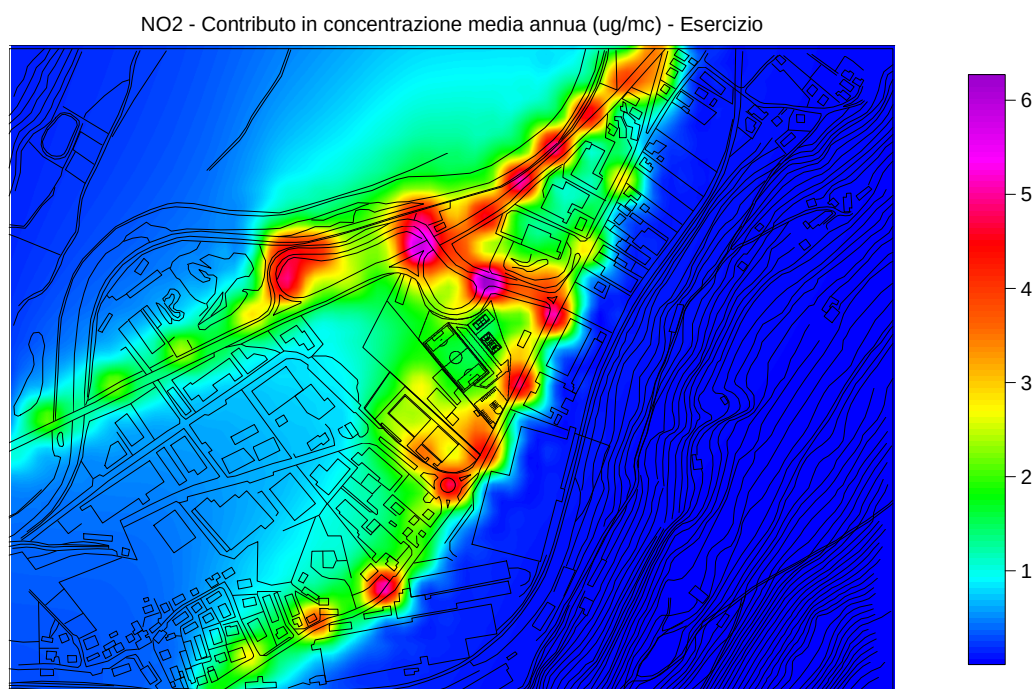


Fig. 24. Mappa planimetrica dei valori di concentrazione media annua in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di biossido di azoto nell'areale di studio per lo scenario 2 – Fase di esercizio.

Per quanto riguarda i valori massimi orari, i dati del modello sono stati sottoposti a postprocessazione per la valutazione del contributo massimo orario in ciascun punto, mediante il software dedicato RunAnalyzer[®] versione 2.4.2. Il contributo massimo orario per la fase di cantiere è risultato pari a $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre per la fase di esercizio è risultato pari a $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommando i contributi calcolati alla concentrazione massima oraria di fondo, valutata in $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sulla base dei dati misurati nel 2017 dalla centralina di Breno, si ottengono rispettivamente i valori di $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per i due scenari, entrambi significativamente inferiori al limite di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che si ritiene pertanto rispettato in tutto l'areale di calcolo e per ciascuna fase di evoluzione del progetto.

Risultati – Particolato sospeso (PM_{10})

Nella seguente tabella vengono riportati i valori minimo, massimo e medio in $\mu g/m^3$ su tutto l'areale di calcolo della concentrazione media annua dell'inquinante PM_{10} , per ciascuno scenario considerato.

Si propone inoltre una possibile stima del valore massimo assoluto su tutto l'areale, calcolato come somma tra il contributo massimo ed il prevedibile valore di fondo attribuito all'area sulla base delle stime effettuate da A.R.P.A. Lombardia per il territorio comunale di Breno.

Tabella XV – Schema riassuntivo dei risultati su tutto l'areale di calcolo per la concentrazione media annua dell'inquinante particolato sospeso (PM_{10}).

	Contributo del progetto Scenario 1 – Fase di cantiere ($\mu g/m^3$)	Contributo del progetto Scenario 2 – Fase di esercizio ($\mu g/m^3$)
Minimo	0,0	0,0
Massimo	4,3	5,1
Medio	0,3	0,2
Valore di fondo	22,0	22,0
Valore massimo assoluto	26,3	27,1
Valore limite D.Lgs 155/2010	40 $\mu g/m^3$ per la salvaguardia della salute umana	

La matrice complessiva dei risultati di calcolo per ciascun punto di griglia è riportata all'allegato 02.

Le dispersioni dei dati modellate per i due scenari sono invece proposte alla figure seguenti.

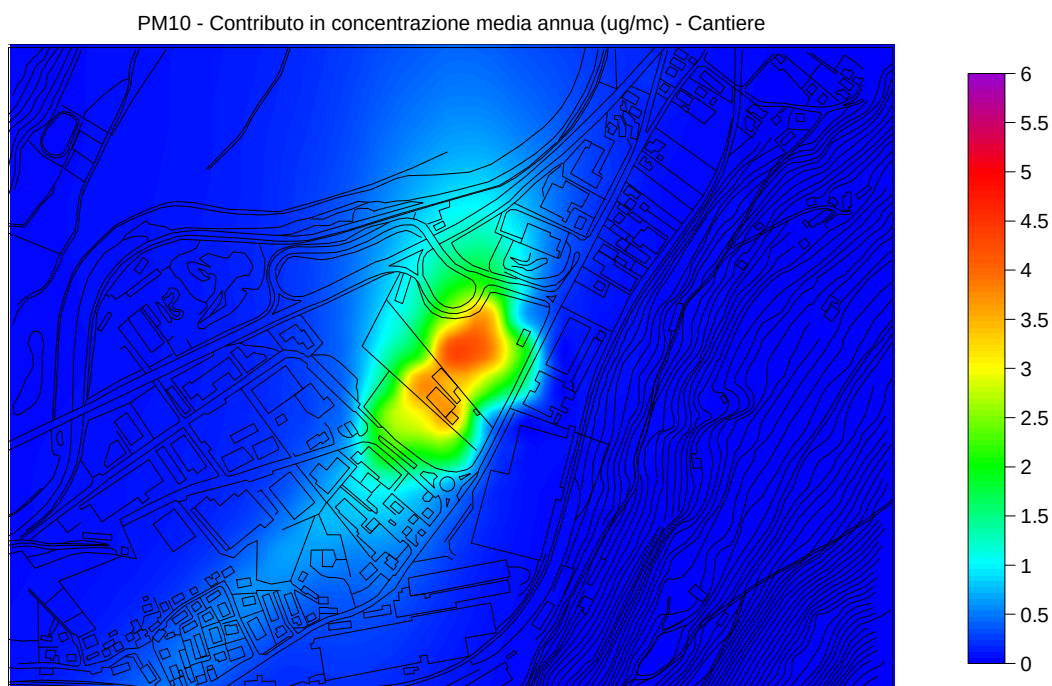


Fig. 25. Mapa planimetrica dei valori di concentrazione media annua in $\mu g/m^3$ di particolato sospeso (PM_{10}) nell'areale di studio per lo scenario 1 – Fase di cantiere.

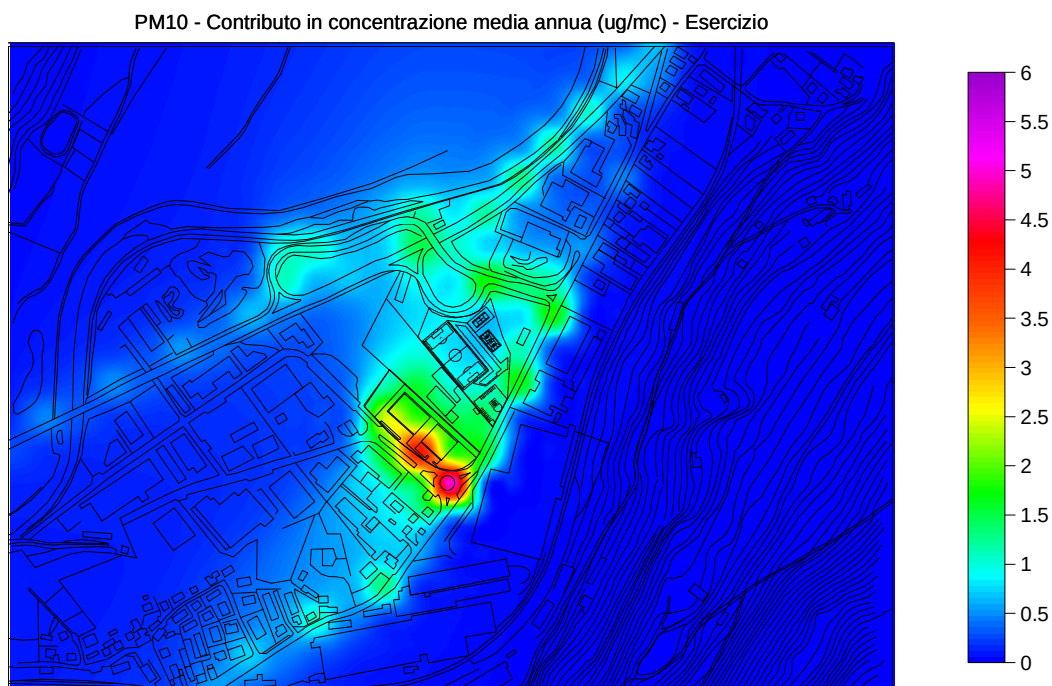


Fig. 26. Mappa planimetrica dei valori di concentrazione media annua in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di particolato sospeso (PM₁₀) nell'areale di studio per lo scenario 2 – Fase di esercizio.

Per quanto riguarda i valori medi giornalieri, l'analisi delle stime fornite da A.R.P.A. Lombardia permettono di verificare un prevedibile superamento del limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 15 giorni/anno (inferiore quindi alla soglia di 35 superamenti). Anche in questo caso, implementando il software di postprocessazione dei dati, si può stimare un valore di concentrazione media giornaliera che nel punto più impattato raggiunge rispettivamente $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la fase di cantiere e $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per quella di esercizio. Attribuendo l'aumento di concentrazione media giornaliera al profilo giornaliero fornito da A.R.P.A. Lombardia è possibile stimare per le due fasi di progetto un superamento della soglia pari a 25 giorni/anno (cantiere) e 29 giorni/anno (esercizio), sempre quindi inferiori ai 35 giorni/anno di cui al limite normativo.

Va fatto sottolineato che tali valori si riferiscono unicamente al punto di massimo impatto all'interno dell'areale di calcolo, che nei due scenari è comunque individuato rispettivamente all'interno del comparto di intervento (cantiere) ed in corrispondenza della rotonda su Via Leonardo da Vinci a Sud dell'Area A (esercizio), senza quindi interessamento di zone residenziali, le quali invece saranno caratterizzate da un impatto minore ed un aumento dei superamenti del valore di soglia fortemente più contenuti, se non addirittura con totale invarianza rispetto allo stato di fatto.

Discussione dei risultati

L'analisi modellistico/statistica della dispersione degli inquinanti in atmosfera ha permesso di definire un quadro di impatto atmosferico nei due scenari riferibili al cantiere per le fasi di *capping* dell'ex-discarica ed alla fase di esercizio i cui risultati, suddivisi per ciascun inquinante, sono stati esplicitati sia in forma tabellare, che grafica, nel sottoparagrafo precedente.

Per la fase di cantiere l'impatto maggiore si registra all'interno dell'area delle lavorazioni, con un debole interessamento della viabilità esterna e senza particolari influenze su aree residenziali.

Per la fase di esercizio l'impatto maggiore è invece registrabile soprattutto a livello delle infrastrutture di traffico, con particolare riferimento all'area dello svincolo della SS42 (soprattutto per la più alta densità di tratti viari interessati da aumenti di traffico) e, per le polveri, lungo via Rag. Evangelista Laini, in virtù di un maggior fattore di emissione da risospensione dal terreno.

Segue l'analisi dei risultati per ciascun parametro analizzato.

Biossido di azoto (NO₂)

Il progetto produce un aumento della concentrazione media annua soprattutto all'interno dell'area interessata dall'intervento in fase di cantiere ed alla viabilità esterna, con particolare riferimento all'area dello svincolo sulla SS42, per la fase di esercizio. L'aumento avrà un impatto massimo puntuale di circa + 3,5% in fase di cantiere e di +18,5% in fase di esercizio, valori che si riducono rispettivamente a +0,3% e +2,4% come media su tutto il dominio di calcolo.

In nessuno dei due scenari i livelli incrementali di biossido di azoto sono tuttavia tali da comportare un superamento della soglia di 40 µg/m³ per la salvaguardia della salute umana, con un impatto che sarà inoltre localizzato in aree non interessate da insediamenti residenziali diffusi, ma perlopiù da aree scoperte non edificate senza particolare pregio e/o interesse di tipo naturalistico/conservazionistico, da reti di trasporti o dalla limitrofa zona industriale di Breno.

Va ulteriormente ricordato comunque che la modellazione ha assunto un fattore di emissione per il traffico veicolare pari a quello dell'intera miscela NO+NO₂ (ossidi di azoto totali), producendo quindi dei contributi che sono verosimilmente sovrastimati rispetto alla reale quota di emissione della sola componente a biossido, che ha un F.E. pari a circa il 30% di quello dell'intera miscela (da dati I.S.P.R.A., aggiornamento 2014). Ulteriormente per la fase di esercizio i livelli si riferiscono all'induzione di traffico prodotta non solo dal progetto di trasformazione degli ambiti specifici dell'ex-discarica, ma anche dalle previsioni di sviluppo urbanistico degli ambiti di trasformazione ad essa limitrofi, individuati dal P.G.T., con un contributo del progetto oggetto di studio pari a unicamente a circa il 32% dell'induzione totale.

L'analisi del valore massimo di media giornaliera, condotta ipotizzando come valore di fondo il valore massimo orario registrato da A.R.P.A. nella stazione di Breno, consente inoltre di prevedere il rispetto del valore limite di 200 µg/m³ in ciascuno scenario analizzato, anche considerando il nodo di massimo impatto.



I valori attesi di concentrazione massima oraria e media annua inferiori ai limiti di legge e l'interessamento trascurabile o al più marginale di zone residenziali, permettono di ritenere come il progetto non comporterà particolari criticità in merito alla salute umana.

Particolato sospeso (PM₁₀)

Il progetto produce un aumento della polverosità media annua nell'ordine massimo di circa il +16% in fase di cantiere all'interno del comparto di intervento e del +19% in corrispondenza delle aree di movimentazione per gli ingressi all'Area A lungo via Laini in adiacenza a Sud con il sito di intervento. A livello globale su tutto il dominio di calcolo l'impatto incrementale della polverosità risulta invece contenuto a +1,1% per entrambi gli scenari di studio.

Come per il biossido di azoto, anche per il particolato sospeso sottile il modello previsionale non indica la comparsa di criticità legate a superamenti delle soglie annue per la salvaguardia della salute umana, né per la concentrazione media annua.

Analogamente, per quanto riguarda il valore medio giornaliero si rileva in via previsionale un numero di superamento del valore soglia inferiore ai 35 giorni/anno anche nel punto di calcolo caratterizzato dai valori più elevati, configurando quindi una condizione di non criticità anche per lo specifico parametro temporale.

Ulteriormente anche per questo parametro si evidenzia un'area di impatto potenziale che non comprende zone residenziali e/o di particolare pregio e/o interesse di tipo naturalistico/conservazionistico, configurando quindi un impatto sulla popolazione e sugli ecosistemi che appare di fatto poco significativo.

Alla luce dei risultati prodotti dall'analisi, l'impatto del progetto appare sostanzialmente contenuto in termini quantitativi e non tale da presentare una probabilità significativa di insorgenza di criticità che possano comportare il superamento diffuso e su areali significativi e sensibili dei valori limite per la qualità dell'aria per i principali parametri descrittivi.

Si evidenziano unicamente insorgenze di areali piuttosto contenuti di aumento delle concentrazioni dei due parametri, i quali tuttavia risultano corrispondenti ad aree di viabilità o di fruizione commerciale/industriale e con un interessamento più marginale se non addirittura trascurabile per le aree a fruizione più spiccatamente residenziale.

Misure di mitigazione

Come già parzialmente anticipato per la trattazione delle fasi di cantiere, in tale scenario il progetto prevede degli interventi di mitigazione volti al contenimento delle polveri aerodisperse, tra cui nello specifico si indica:

- umidificazione controllata del materiale polverulento accumulato nelle aree di cantiere;
- eventuale copertura del materiale accumulato;
- bagnamento/pulizia delle piste di movimentazione dei mezzi pesanti;
- controllo della velocità dei mezzi in movimentazione, in modo da favorire spostamenti a bassa velocità e riducendo l'eventuale sospensione di polveri anche da aree meno transitate / più polverose;
- possibilità di effettuare trasporti di materiale con copertura dei cassoni;
- organizzazione dell'area di cantiere in modo da limitare il percorso di movimentazione dei mezzi pesanti.

Contribuirà al contenimento della formazione di inquinanti nelle fasi di cantiere anche il corretto utilizzo di mezzi diesel con filtro antiparticolato per le movimentazioni e di apparecchi di lavoro possibilmente a motore elettrico e garantendo comunque la corretta e periodica manutenzione di tutti i mezzi con motore a combustione.

Si potrà inoltre avere cura di effettuare particolari lavorazioni seguendo un'opportuna calendarizzazione che eviti ad esempio periodi dell'anno più critici per la formazione ed il ristagno di inquinanti atmosferici (come ad esempio i mesi estivi in relazione alla formazione secondaria di ozono).

Non da ultimo risulterà fondamentale una corretta e specifica formazione del personale, affinché in ogni momento le lavorazioni possano essere condotte secondo criteri di prevenzione/riduzione della formazioni di inquinanti.

Durante la fase di esercizio le modellazioni effettuate non indicano particolari criticità per i parametri considerati. Valutando tuttavia che i risultati sono il frutto di una modellazione matematica in cui è comunque insito un margine di errore, si suggerisce la possibilità di poter introdurre misure di mitigazione delle emissioni che possano contenere le stesse al di sotto dei valori calcolati, almeno nell'immediato intorno del comparto di intervento.

In questo senso gli interventi proposti consistono nel potenziamento della vegetazione attuale, in modo da costituire delle barriere verdi che possano contribuire da un lato all'assorbimento di quota parte di inquinanti aerodispersi (e che la vegetazione utilizza nei propri processi metabolici, come ad esempio gli ossidi di azoto), dall'altro ad un effetto di mascheramento e di barriera per la dispersione di effluenti polverulenti.

La possibilità di mitigare le emissioni da traffico con vegetazione è stata ampiamente analizzata dalla comunità scientifica (Bowker *et al.*, 2007, Baldauf *et al.*, 2008, Cahill, 2010) e studi recenti hanno suggerito che barriere stradali come barriere acustiche e vegetazione possono fornire una strategia efficace nella riduzione degli inquinanti aerodispersi, almeno nell'ambito più prossimo alla sede stradale (Heist *et al.*, 2009; Finn *et al.*, 2010).

Recentemente sono stati condotti studi previsionali specifici sulla capacità delle aree verdi di rimuovere gli inquinanti più diffusi nelle aree urbane. Specificamente tali studi sono stati condotti dapprima per importanti aree urbane degli Stati Uniti mediante utilizzo di un apposito modello di calcolo, denominato UFORE.

La procedura modellistica americana è stata recepita ed applicata negli ultimi anni anche a casi di studio in Italia, con particolare riferimento al Comune di Forlì che ha prodotto un apposito documento di valutazione previsionale delle capacità mitigative delle aree verdi, nei confronti degli inquinanti gassosi impattanti sul territorio comunale (Buffoni *et al.* 2012).

Nel sopraccitato studio vengono esposti i risultati in termini di quantitativi annui di inquinanti rimossi per singolo individuo arboreo/arbustivo, determinati mediante l'applicazione del modello UFORE e che vengono riportati nella seguente tabella.

Tabella XVI – Capacità di rimozione degli inquinanti per la progettazione di nuove aree verdi urbane.

	Capacità di rimozione inquinanti (g/anno per individuo)		
	Alberi di 1 ^a grandezza	Alberi di 2 ^a grandezza	Arbusti
PM ₁₀	150	75	30
O ₃	100	30	10
NO ₂	30	10	3
SO ₂	4	1.5	0.5

Fonte dati: Buffoni, Toccafondi, Pinzauti, 2012.

La barriera vegetazionale si configura come un intervento di afforestazione di profondità variabile da inserire il più vicino possibile alla sede stradale, compatibilmente con le indicazioni di sicurezza per l'utenza.

La barriera vegetazionale mitiga gli effetti di degrado della qualità dell'aria dovuti all'impatto delle attività antropiche, per effetti sia di assorbimento di inquinanti gassosi a livello degli apparati fogliari (con impiego degli stessi nei processi biochimici di fotosintesi clorofilliana e respirazione cellulare del comparto vegetazionale), sia per effetti di adsorbimento del particolato sulle strutture cerosi di foglie e fusto, con conseguente dilavamento a terra in occasione di precipitazioni atmosferiche.. La presenza di alberi ed arbusti svolge inoltre l'ulteriore effetto mitigante di contenimento della circolazione dell'aria, creando un filtro non solo biochimico, ma anche fisico rispetto alla dispersione degli inquinanti in atmosfera.

La mitigazione deve quindi essere realizzata con inserimento di fasce tampone, con un sesto di impianto fitto e dando preferenza ad impianti multi specifici con siepi stratificate, con inserimento di specie maggiormente resistenti agli inquinanti e con una componente arborea-arbustiva sempreverde che garantisca una filtrazione attiva durante tutto il periodo dell'anno

CONCLUSIONI

L'analisi modellistico/statistica della dispersione degli inquinanti in atmosfera connessa al nuovo Piano Attuativo in variante al P.G.T. relativo agli ambiti di trasformazione PL6B e PL6C localizzati lungo via L. Da Vinci in Comune di Breno (BS), il quale prevede interventi di *capping* dell'ex discarica "Onera" e di successiva riqualificazione funzionale dell'aree con realizzazione di un comparto produttivo/direzionale/commerciale e di un comparto ricreativo (in ossequio alle previsioni per gli specifici ambiti di intervento di cui al Piano di Governo del Territorio comunale), permette di affermare in sintesi quanto segue:

- in fase di cantiere si stima un aumento della concentrazione media annua e (ove applicabile) media oraria e giornaliera dei principali inquinanti aerodispersi (biossido di azoto e particolato sospeso sottile), che interesserà in modo principale l'area di intervento, con una debole estensione alla viabilità esterna. L'incremento medio dei vari inquinanti su tutto l'areale di calcolo sarà modesto e comunque non tale da determinare condizioni di superamento o raggiungimento dei limiti per la qualità dell'aria e per la salute umana, neppure a livello puntuale in corrispondenza dei nodi di calcolo maggiormente impattati. Ulteriormente si prevede che l'area di maggiore impatto relativo non risulti comunque sovrapponibile a zone residenziali e/o di particolare pregio e/o interesse di tipo naturalistico/conservazionistico, configurando quindi un impatto sostanzialmente trascurabile per la popolazione e per gli ecosistemi;
- per quanto riguarda le fasi di cantiere, gli interventi di mitigazione previsti, in combinazione con le opportune procedure e calendarizzazioni delle diverse fasi di lavorazione, permettono comunque di prevedere ragionevolmente un impatto ancor più contenuto da parte di inquinanti aerodispersi, con particolare riferimento alle polveri, la cui formazione sarà il più possibile ridotta;
- in fase di esercizio l'aumento dei flussi di traffico permette di stimare un aumento della concentrazione media annua e (ove applicabile) media oraria e giornaliera dei principali inquinanti aerodispersi, con un interessamento in questo caso maggiore delle aree di viabilità, con particolare riferimento all'area dello svincolo della SS42 e di una limitata porzione del tracciato di via Laini (specificamente per le polveri). Anche in questo caso i valori incrementali per i vari parametri non sono tali comunque da comportare formazione di aree di criticità, né da lasciar prevedere un interessamento significativo di aree a maggior densità demografica o ad utilizzo residenziale. Non si ravvisa quindi in via previsionale la formazione di aree di criticità per la qualità dell'aria e per la salute umana;
- in nessuno scenario si prevede la formazione di valori incrementali di inquinanti aerodispersi che possano risultare critici per la qualità degli ecosistemi presenti, con areali che si inseriscono comunque in un contesto fortemente dominato dall'antropizzato e senza sovrapposizioni significative con aree di particolare pregio e sensibilità ecologica e/o di particolare interesse conservazionistico, con particolare riferimento all'area del Parco dell'Adamello in direzione Est rispetto agli ambiti di intervento;

- per la fase di esercizio la creazione di idonee fasce tampone di siepe boscata arboreo-arbustiva, che possano svolgere un ruolo positivo nella rimozione di inquinanti primari, nella protezione dei recettori sensibili in relazione alla dispersione degli inquinanti stessi e nel mascheramento dell'area commerciale di futura realizzazione, rappresenta comunque un valido presidio per il contenimento dei valori incrementali degli inquinanti aerodispersi, almeno in corrispondenza degli ambiti di intervento.

Si fa rilevare inoltre che per il parametro biossido di azoto l'analisi ha considerato l'ipotesi peggiorativa che tutti gli ossidi di azoto prodotti dalle varie sorgenti siano sottoforma di NO_2 . In realtà l'emissione specifica di NO_2 risulta pari a circa il 25% del totale di NO_x , con una miscela di emissione sbilanciata verso la componente NO , la quale poi nel tempo si ossida ad NO_2 . Non potendo disporre di dati certi circa la velocità della reazione di ossidazione, è comunque ragionevole ritenere che l'impatto generale nell'area di calcolo sia minore rispetto a quanto calcolato (che si ribadisce rappresenta il caso limite in cui tutta la miscela NO_x sia istantaneamente composta interamente da NO_2), considerando che durante il tempo in cui la miscela di emissione si ossida completamente ad NO_2 comunque il pennacchio inquinante subisce una diluizione della concentrazione totale in essa presente.

Ulteriormente si ricorda che per la fase di esercizio i valori previsti sono il risultato dell'induzione di traffico degli interventi specifici di progetto in cumulazione con il traffico indotto dagli ambiti di trasformazione limitrofi, già individuati a livello di P.G.T..

Si precisa infine che la presente relazione tecnica contiene una valutazione previsionale di impatto atmosferico redatta tramite approccio matematico/modellistico/statistico con modelli di calcolo riconosciuti a livello internazionale dalla U.S. E.P.A e a livello nazionale da A.P.A.T.. La modellazione ed i relativi risultati sono basati su dati climatici e meteorologici elaborati con CALMET calibrato con dati desunti da misurazioni dirette da centraline di monitoraggio certificate della rete SYNOP-ICAO integrati con i dati di centraline A.R.P.A. Lombardia, nonché su dati sulle sorgenti emissive e sui flussi veicolari forniti dagli studi tecnici incaricati della progettazione e su fattori di emissione ricavabili da letteratura tecnica internazionale e database nazionali, e sono comunque soggetti ad una tolleranza dovuta all'incertezza sugli stessi dati di ingresso.

Pieve di Soligo, Novembre 2018



BIBLIOGRAFIA

Baldauf R., Thoma E., Khlystov A., Isakov B., Bowker G., Long T., Snow R. 2008. *Impacts of noise barriers on near-by air quality*. Atmospheric environment, **42**, 7502-7507.

Bowker G.E., Baldauf R., Isakov V., Khlystov A., Petersen W. 2007. *The effects of roadside structures on the transport and dispersion of ultrafine particles from highways*. Atmospheric environment, **41**, 8128-8139.

Buffoni A., Toccafondi P., Pinzauti S. 2012. *Progetto di fattibilità di un sistema del verde di mitigazione da inquinamento*. Comune di Forlì, Settore Ambiente.

Cahill T. 2010. *How does Vegetation Affect Pollution Removal*. The Workshop on the Role of Vegetation in Mitigation Air Quality Impacts from Traffic Emissions. RTP, North Carolina, April 2010.

Finn D., Clawson K.L., Carter R.G., Rich J.D., Eckman R.M., Perry S.G., Isakov V., Hiest D.K. 2010. *Tracer studies to characterize the effects of roadside noise barriers on near-road pollutant dispersion under varying atmospheric stability conditions*. Atmospheric environment, **44**, 204-214.

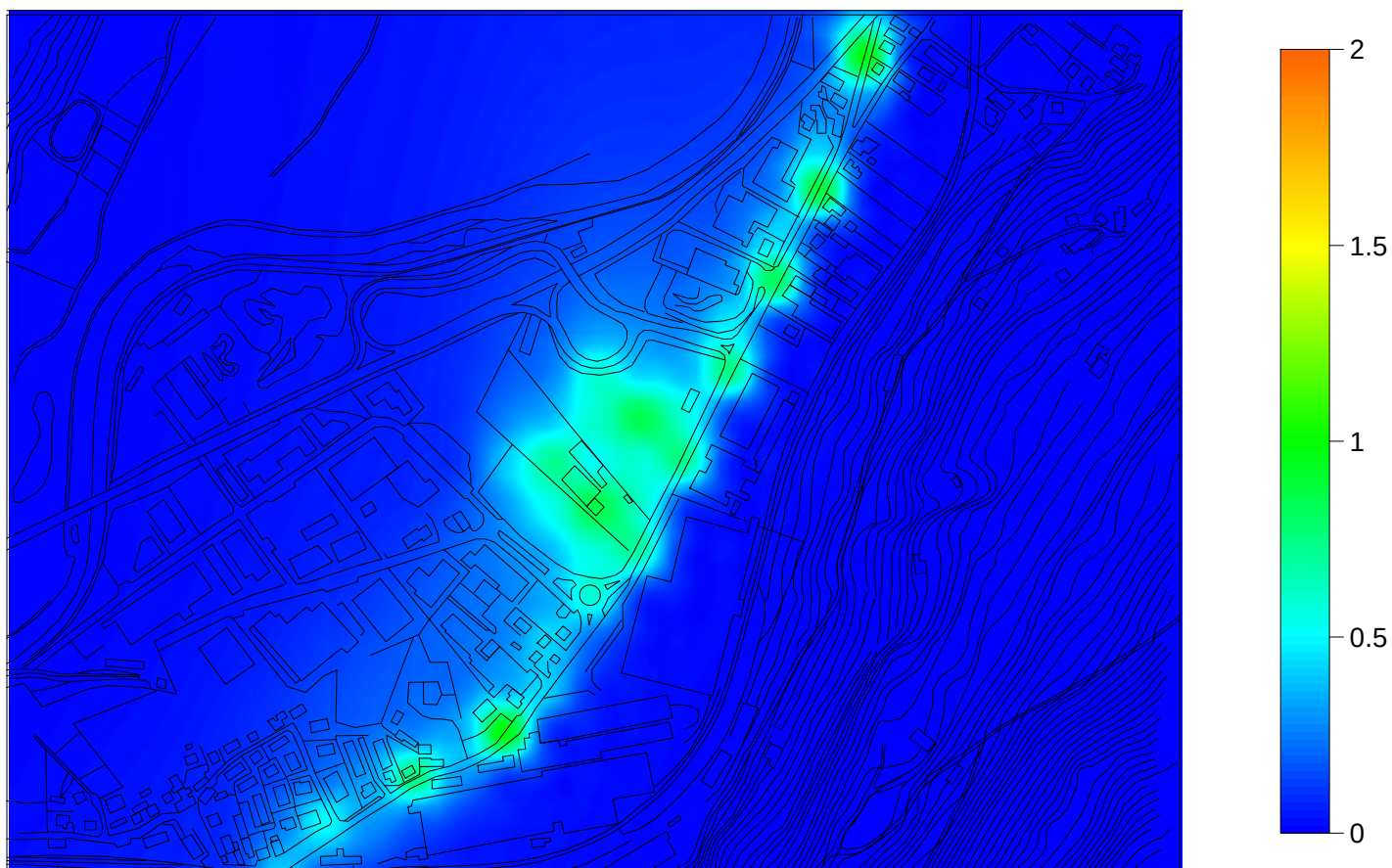
Heist D.K., Perry S.G., Brixey L.A. 2009. *A wind tunnel study of the effect of roadway configurations on the dispersion of traffic-related pollution*. Atmospheric Environment, **43**, 5101-5111.

ALLEGATO 01

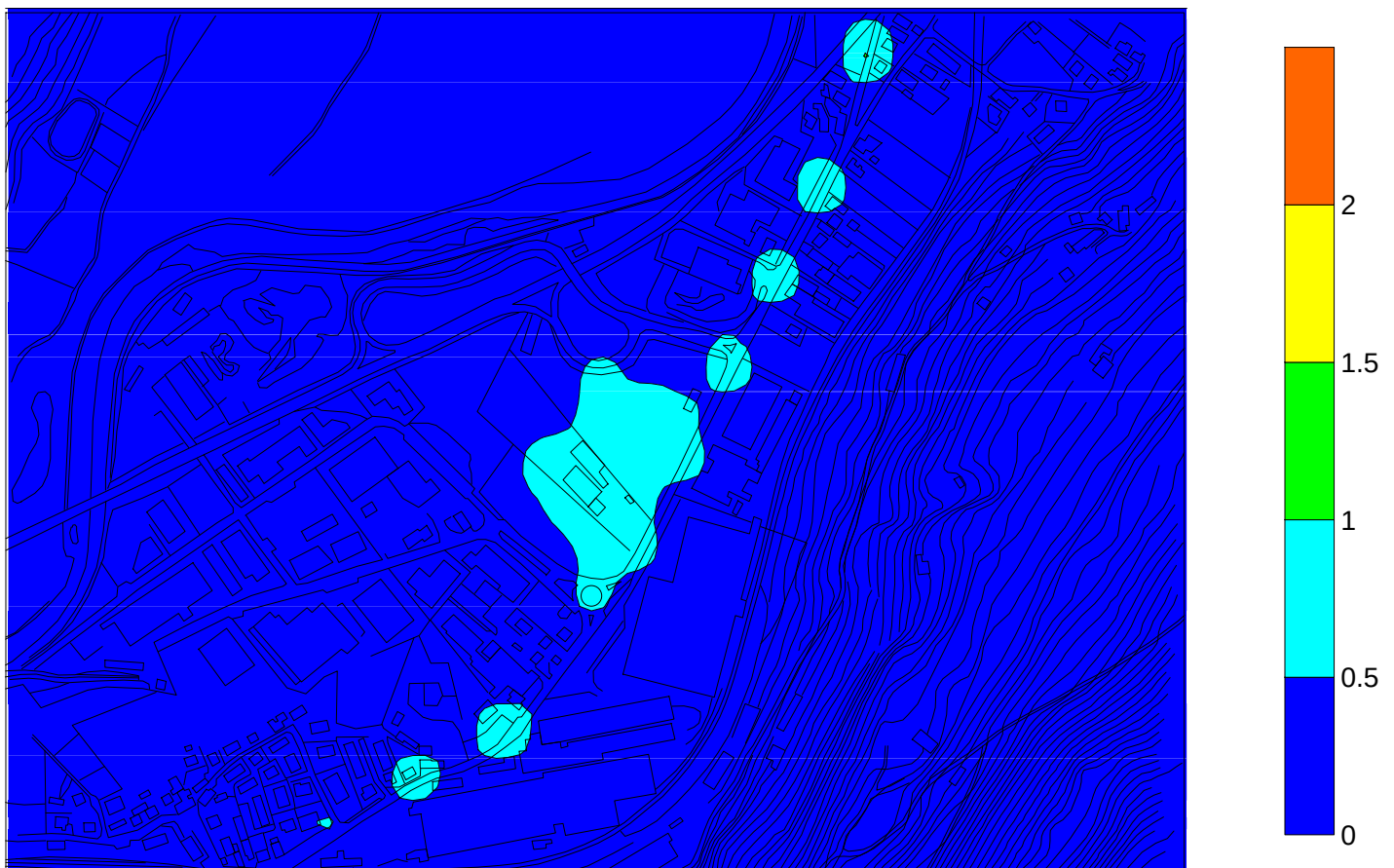
Matrici complessive di calcolo e mappe concentrazione
biossido di azoto (NO₂)

NO2 - CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA - CONTRIBUTO DI PROGETTO - SCENARIO 1 (ug/mc)																											
	601123	601173	601223	601273	601323	601373	601423	601473	601523	601573	601623	601673	601723	601773	601823	601873	601923	601973	602023	602073	602123	602173	602223	602273	602323	602373	602423
5091296	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091246	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091196	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091146	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091096	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091046	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090946	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090896	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,4	0,4	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090846	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090796	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,7	0,5	0,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090746	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090696	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090646	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090596	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090546	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090496	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090446	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,8	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090396	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090346	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NO2 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Cantiere

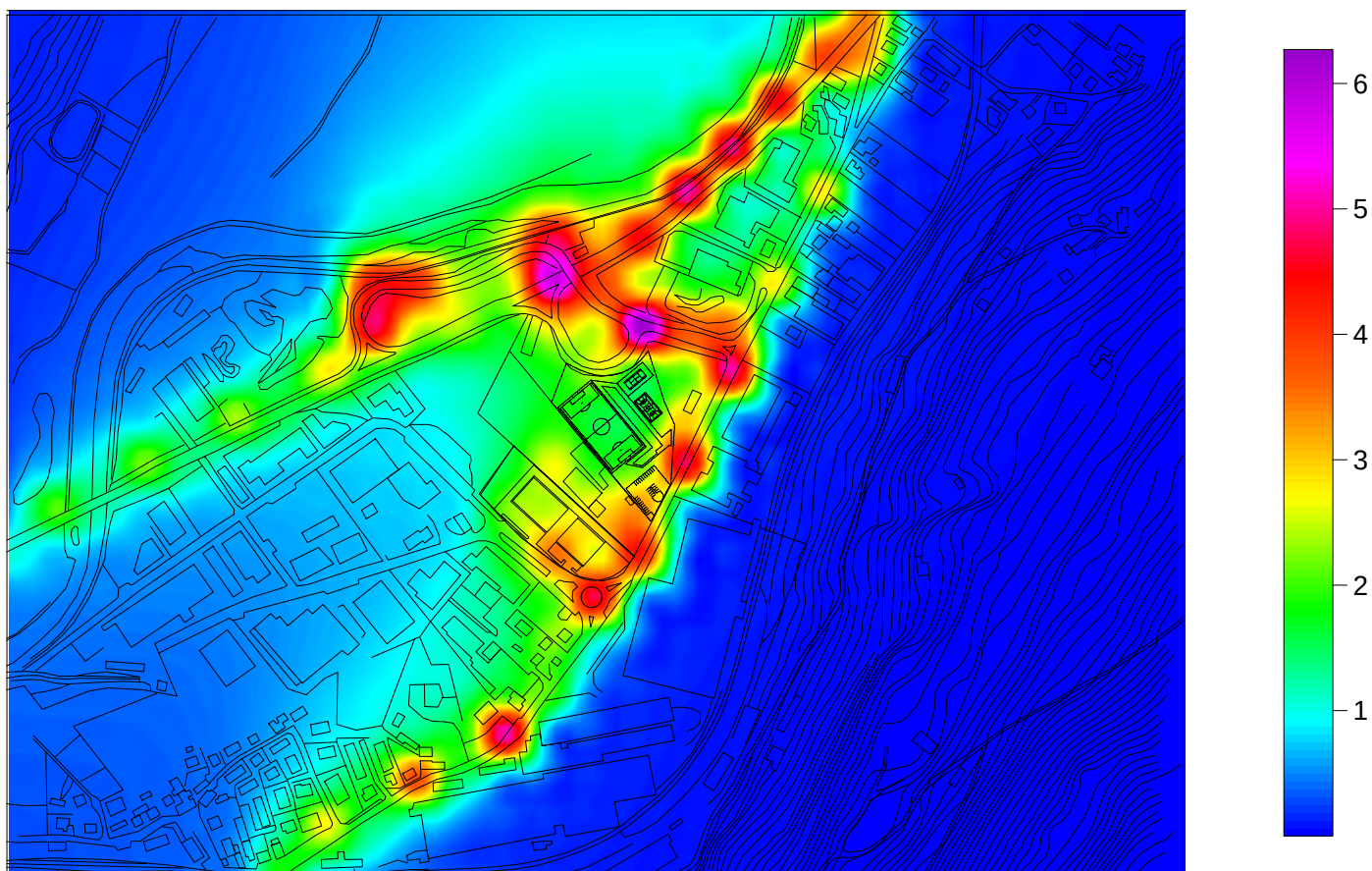


NO2 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Cantiere

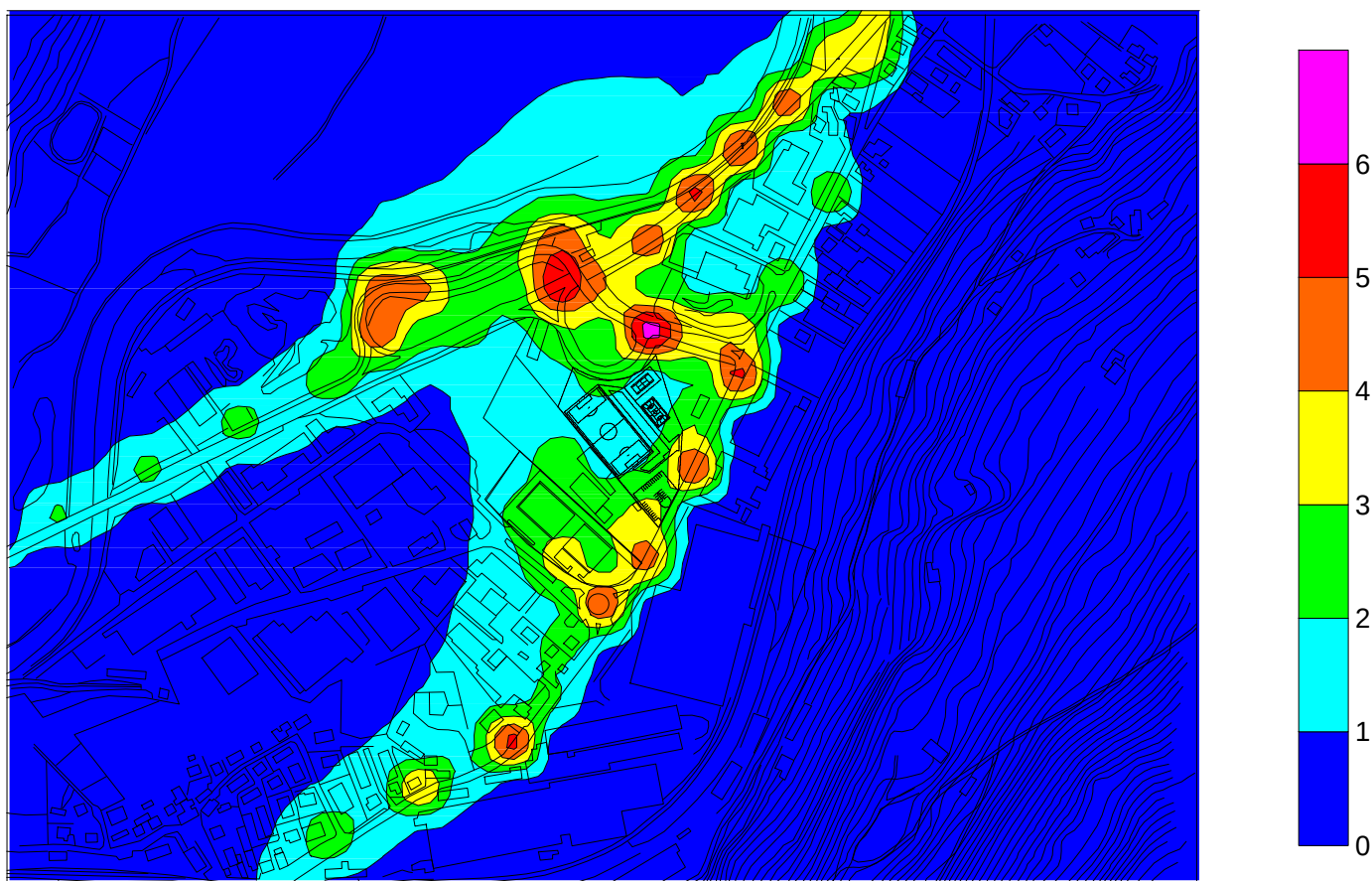


NO2 - CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA - CONTRIBUTO DI PROGETTO - SCENARIO 2 (ug/mc)																											
	601123	601173	601223	601273	601323	601373	601423	601473	601523	601573	601623	601673	601723	601773	601823	601873	601923	601973	602023	602073	602123	602173	602223	602273	602323	602373	602423
5091296	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0	1,3	3,4	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
5091246	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1	1,4	4,0	3,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
5091196	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1	1,1	1,1	1,2	1,5	4,7	1,1	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
5091146	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,4	1,4	1,7	5,1	1,1	1,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
5091096	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	1,1	1,2	1,5	1,9	1,8	2,0	5,2	1,3	1,1	2,9	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
5091046	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	1,4	1,5	1,8	2,6	4,7	3,0	4,6	1,6	1,3	1,6	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090996	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	4,4	4,2	2,4	2,4	5,9	4,0	2,4	1,8	1,8	2,8	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090946	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,3	4,9	2,5	2,4	1,8	2,8	2,5	6,4	3,7	3,6	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090896	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,4	2,8	1,8	1,2	1,2	1,5	1,8	2,5	1,6	2,1	5,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090846	0,2	0,4	0,6	0,8	1,1	2,4	1,6	1,1	0,9	0,9	1,1	1,4	1,8	1,6	1,6	3,0	0,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090796	0,3	0,7	1,1	2,2	1,3	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,6	2,7	1,8	2,1	4,9	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090746	0,6	2,1	1,2	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	2,2	2,4	2,8	3,3	0,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090696	1,0	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	1,0	1,8	3,5	2,6	4,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090646	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,1	1,4	2,0	4,8	0,5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090596	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1	1,4	2,3	0,9	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090546	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,7	2,1	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090496	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,1	1,4	1,8	5,3	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090446	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,8	1,1	1,7	3,9	1,4	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090396	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	1,2	2,8	1,4	0,8	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090346	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	1,9	0,9	0,7	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NO2 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Esercizio



NO2 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Esercizio

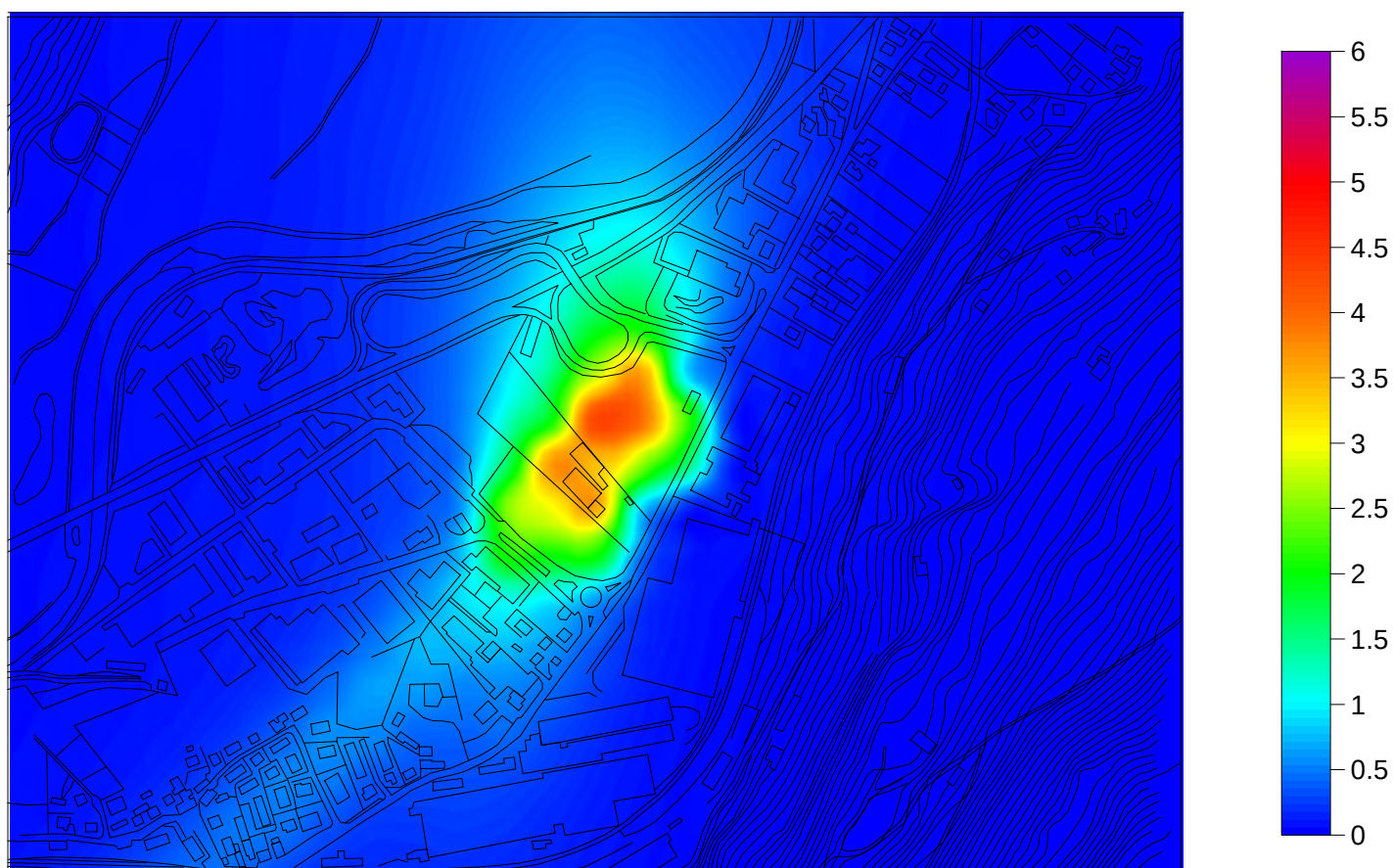


ALLEGATO 02

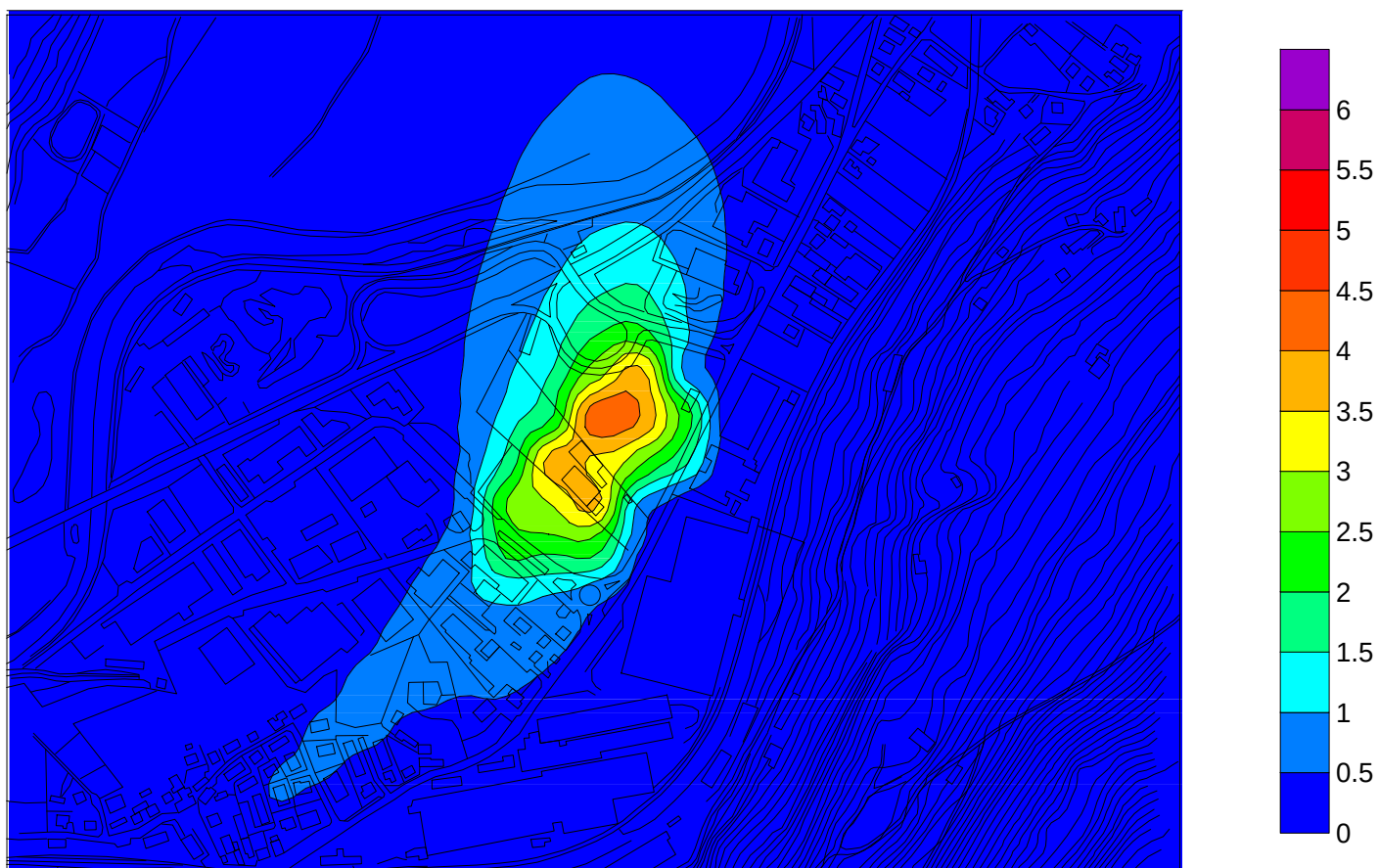
Matrici complessive di calcolo e mappe concentrazione
parametro particolato sospeso (PM_{10})

PM10 - CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA - CONTRIBUTO DI PROGETTO - SCENARIO 1 (ug/mc)																											
	601123	601173	601223	601273	601323	601373	601423	601473	601523	601573	601623	601673	601723	601773	601823	601873	601923	601973	602023	602073	602123	602173	602223	602273	602323	602373	602423
5091296	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091246	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091196	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091146	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091096	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091046	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	0,8	0,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090996	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,7	1,0	1,4	1,4	1,0	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090946	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,8	2,0	1,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090896	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,9	1,5	2,7	3,6	0,8	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090846	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	1,2	1,9	4,3	4,0	2,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090796	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	1,6	3,7	3,4	2,6	1,6	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090746	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	2,5	3,0	3,6	0,8	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090696	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,7	2,1	2,0	2,1	0,5	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090646	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,9	1,1	1,0	0,6	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090596	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090546	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090496	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090446	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090396	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090346	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

PM10 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Cantiere

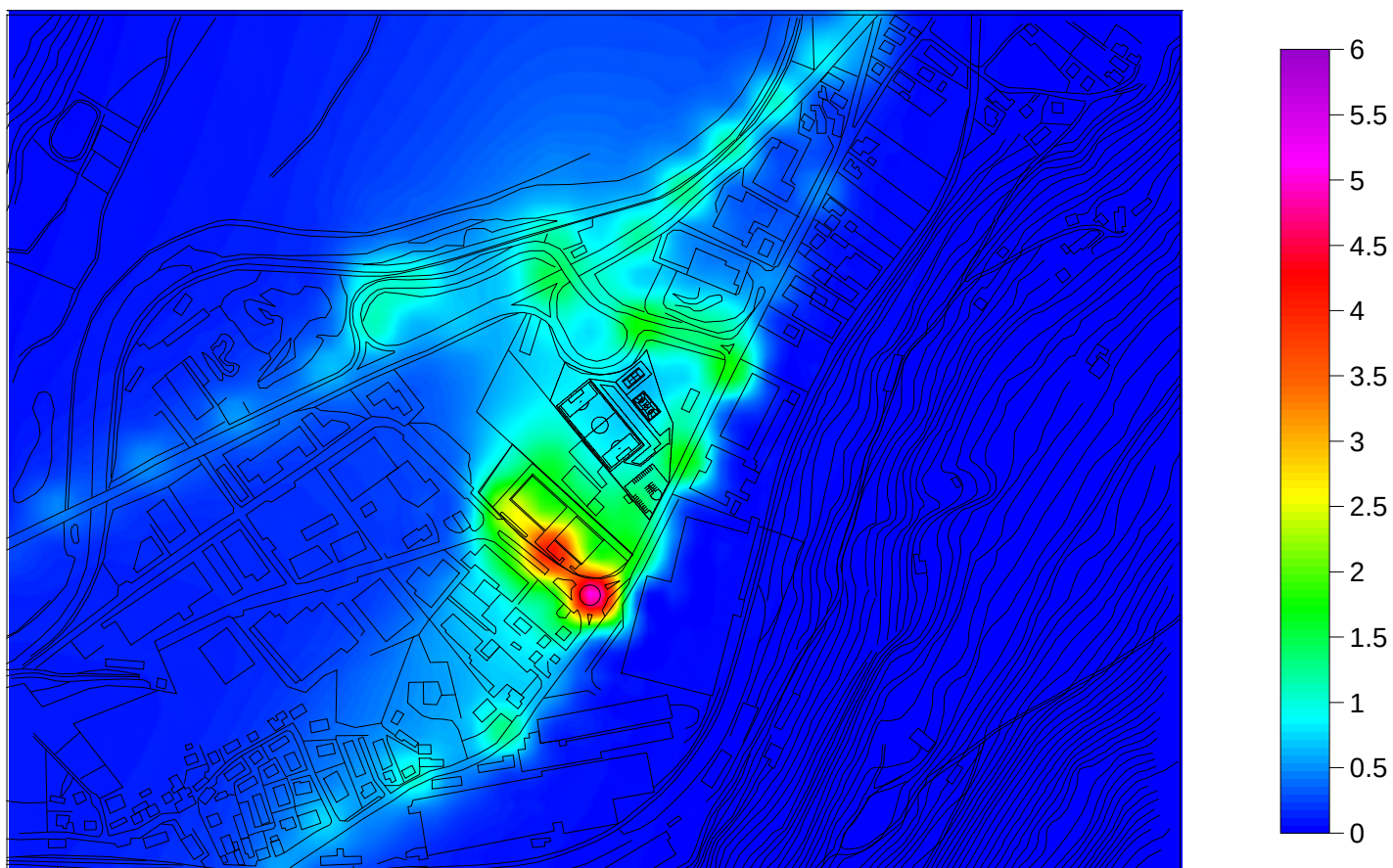


PM10 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Cantiere



PM10 - CONCENTRAZIONE MEDIA ANNUA - CONTRIBUTO DI PROGETTO - SCENARIO 2 (ug/mc)																											
	601123	601173	601223	601273	601323	601373	601423	601473	601523	601573	601623	601673	601723	601773	601823	601873	601923	601973	602023	602073	602123	602173	602223	602273	602323	602373	602423
5091296	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091246	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,9	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091196	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	1,1	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091146	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	1,2	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091096	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	1,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5091046	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	1,2	0,8	1,2	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090996	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	0,7	0,7	1,5	1,1	0,7	0,6	0,5	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090946	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	1,1	0,6	0,7	0,6	0,9	0,8	1,8	1,3	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090896	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	0,6	0,8	0,9	0,7	0,8	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090846	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,7	0,9	0,8	0,7	1,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090796	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	1,0	1,5	1,0	1,0	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090746	0,1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	2,4	1,8	1,5	1,4	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090696	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	1,7	4,2	1,8	1,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090646	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,7	1,0	1,5	5,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090596	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	0,4	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090546	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090496	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6	1,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090446	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090396	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5090346	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

PM10 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Esercizio



PM10 - Contributo in concentrazione media annua (ug/mc) - Esercizio

